

Sciences appliquées à l'art
militaire : chemins de fer,
télégraphie électrique et
optique, téléphonie, pigeons
[...]

. Sciences appliquées à l'art militaire : chemins de fer, télégraphie électrique et optique, téléphonie, pigeons voyageurs, aérostation, ponts militaires, routes militaires. 1890.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :

- La réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source.
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

[CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE](#)

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

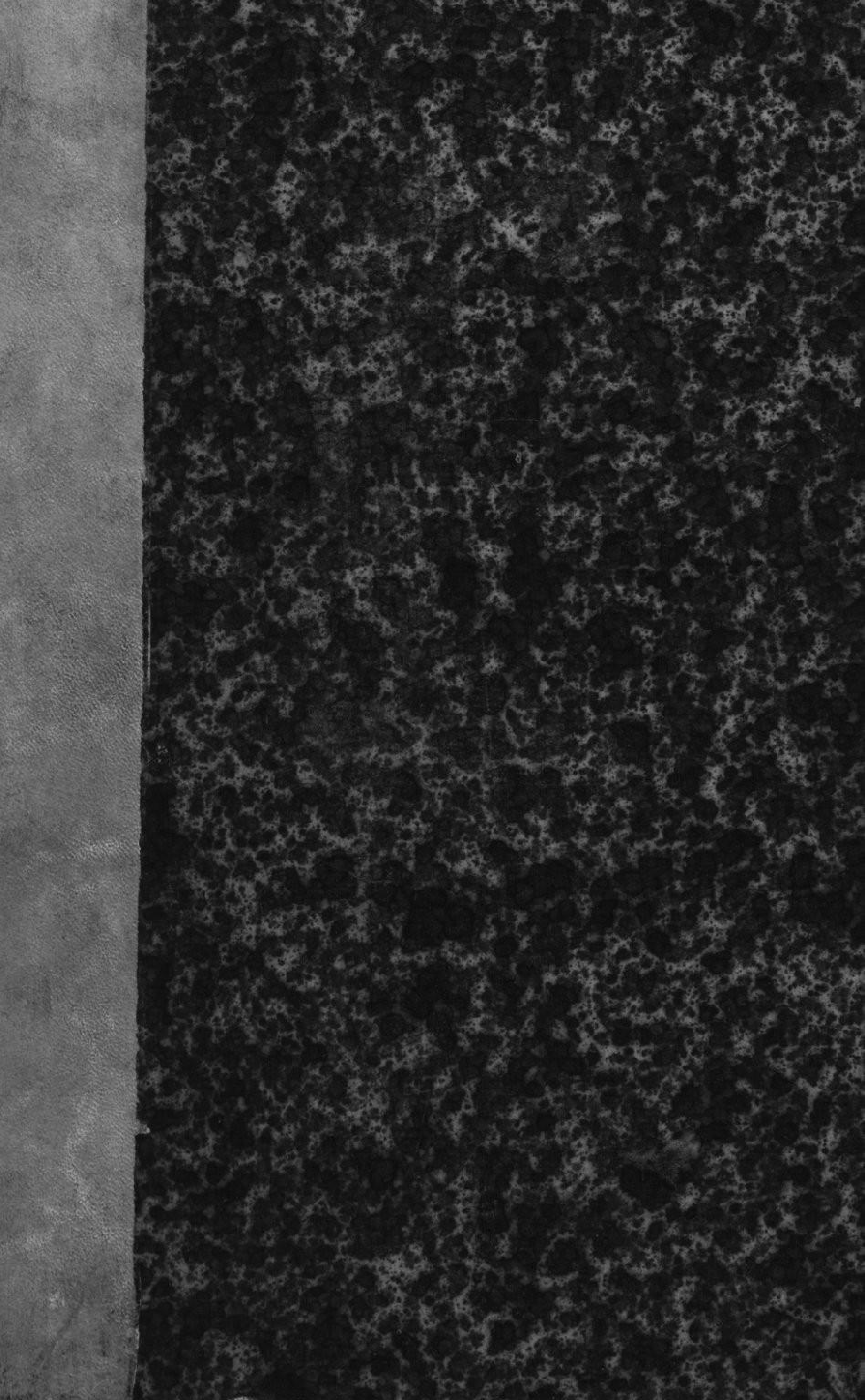
- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

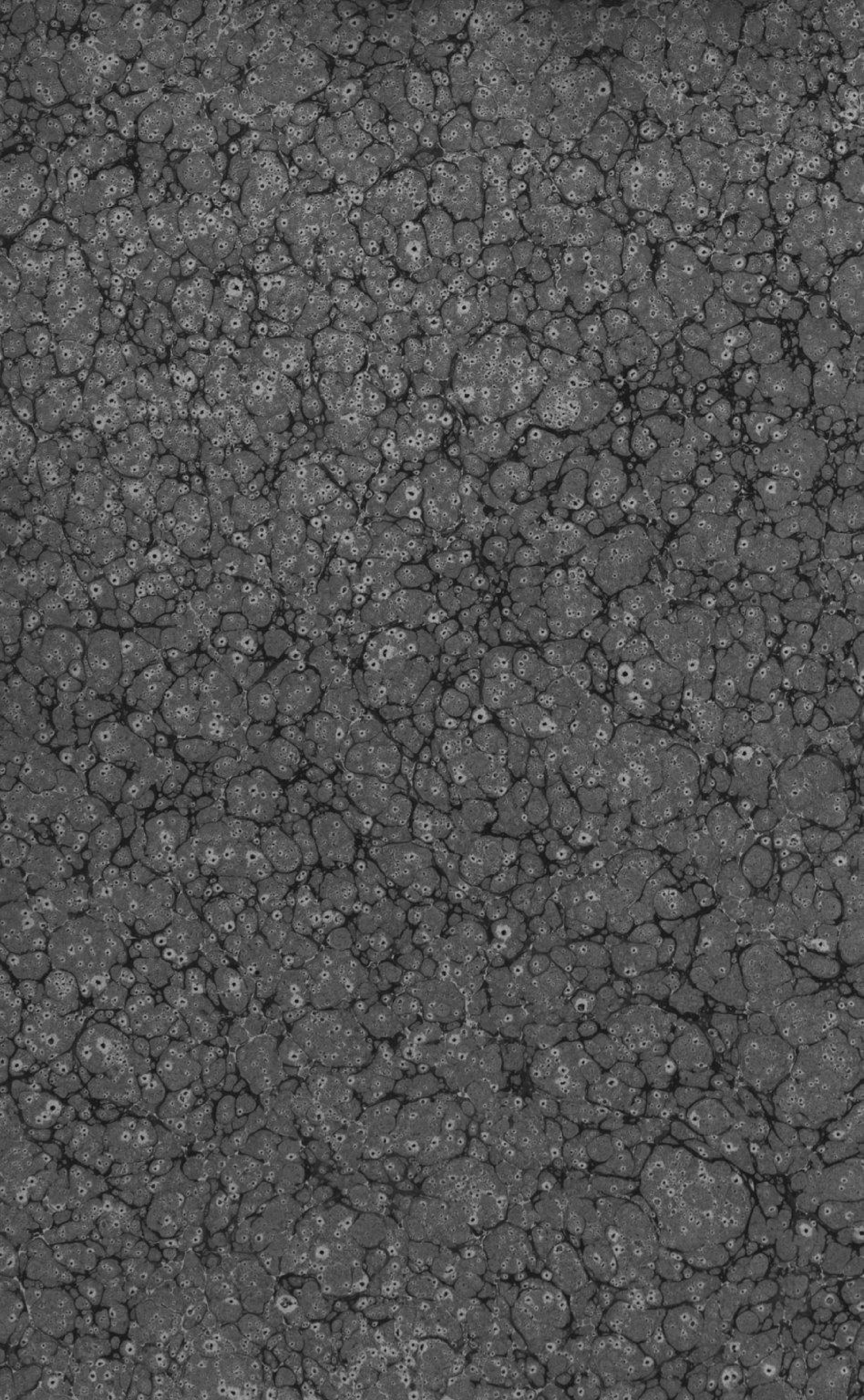
4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

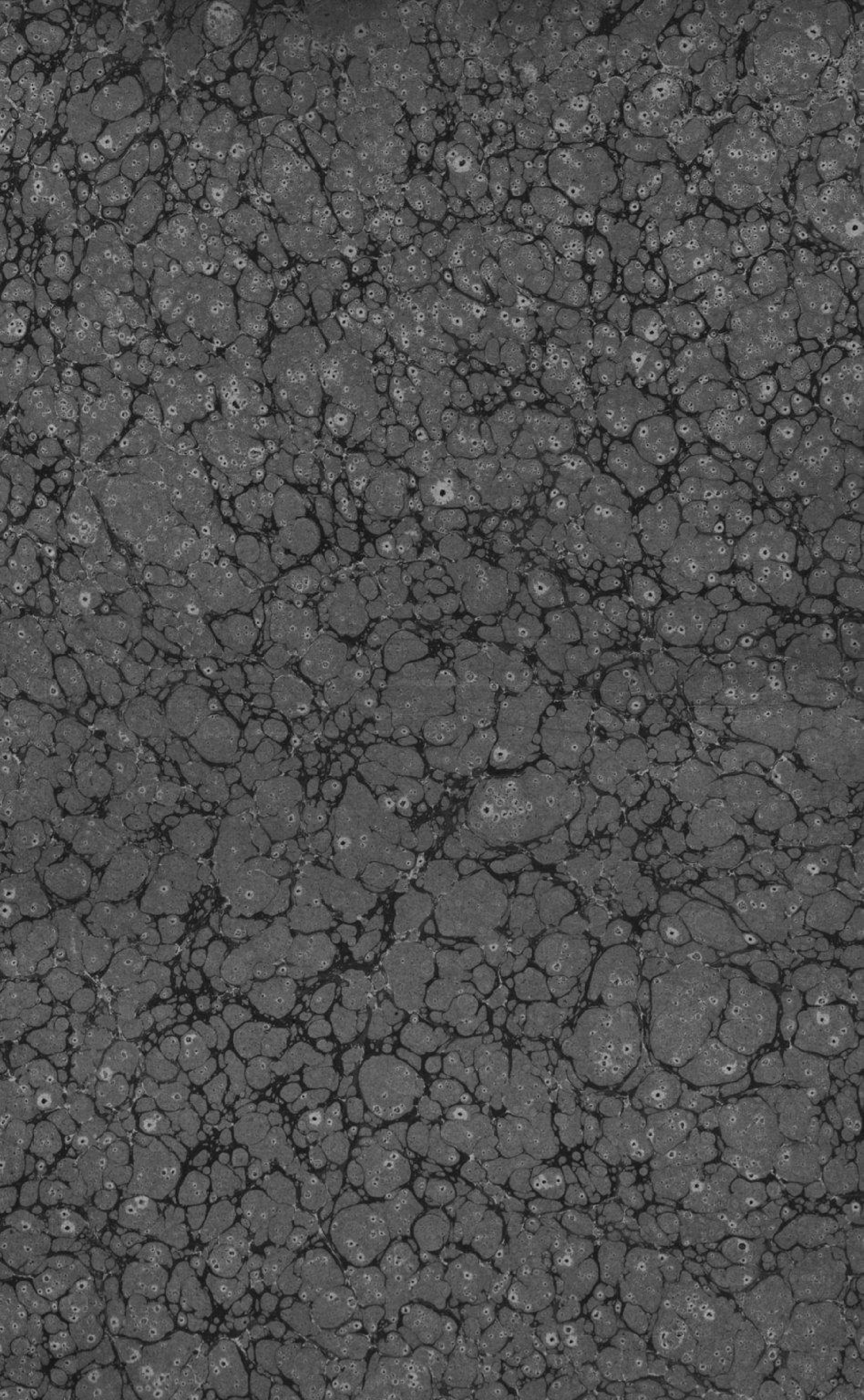
5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter utilisation.commerciale@bnf.fr.







SCIENCES APPLIQUÉES

A L'ART MILITAIRE

4 V

1223

(II, 6)

TOURS. — IMPRIMERIE DESLIS FRÈRES

6, Rue Gambetta, 6

ENCYCLOPÉDIE THÉORIQUE ET PRATIQUE
DES
CONNAISSANCES CIVILES ET MILITAIRES

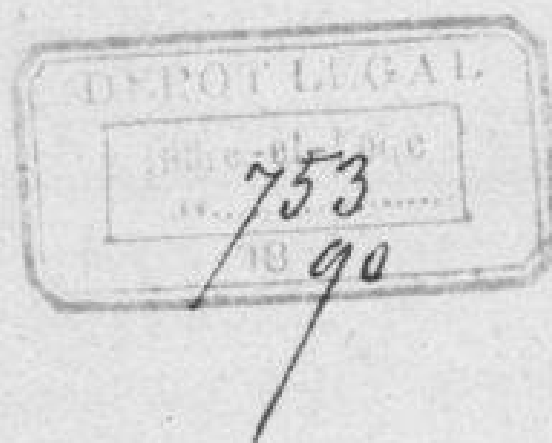
PUBLIÉE SOUS LE PATRONAGE DE LA RÉUNION DES OFFICIERS



SCIENCES APPLIQUÉES
A L'ART MILITAIRE

CHEMINS DE FER, TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE ET OPTIQUE, TÉLÉPHONIE,
PIGEONS VOYAGEURS,
AÉROSTATION, PONTS MILITAIRES, ROUTES MILITAIRES

Comprenant 640 Pages et 672 Figures dans le Texte



PARIS
H. CHAIRGRASSE FILS, ÉDITEUR
25, RUE DE GRENELLE, 25

Droits de traduction et de reproduction réservés.



SCIENCES APPLIQUÉES A L'ART MILITAIRE

PREMIÈRE PARTIE

CHEMINS DE FER

CHAPITRE PREMIER

PRINCIPES DE L'ÉTABLISSEMENT DES CHEMINS DE FER

Généralités.

1. Il serait puéril de faire ressortir les avantages considérables que les chemins de fer ont procurés aux peuples en facilitant l'échange des produits entre les contrées les plus éloignées les unes des autres, et en permettant les voyages rapides, soit pour les affaires, soit pour les plaisirs.

Au point de vue militaire, les chemins de fer sont actuellement un instrument indispensable pour la mobilisation, la concentration et le ravitaillement des armées en temps de guerre. Nous n'insisterons pas sur ces considérations, qui sont développées dans les cours de tactique, de stratégie et de logistique. Nous ferons simplement remarquer que l'importance des chemins de fer est telle qu'elle peut, à elle seule, assurer un avantage marqué sur un adversaire qui se serait laissé devancer sous ce rapport, et par suite d'une avance de quelques jours obtenue dans la mobilisation, procurer le succès dans les premières

batailles, qui sont, la plupart du temps, décisives pour le résultat final de la guerre.

Ce ne fut qu'en 1859, au moment de la campagne d'Italie, qu'eut lieu la première tentative, ayant pour but d'utiliser les chemins de fer pour le transport des armées. En dix jours, la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée assura le transport de 76,000 hommes et de 37,000 chevaux.

Il aurait fallu 70 à 80 jours pour exécuter ce mouvement par étapes.

En 1870, les Allemands concentrèrent leurs armées dans le Palatinat en moins de onze jours, et ce délai comprend, non seulement le temps nécessaire au transport des troupes, mais encore à leur mobilisation.

A la même époque, et bien que rien n'eût été organisé à l'avance pour cela, les chemins de fer français arrivèrent à transporter en vingt-deux jours 1233 trains portant 280,000 hommes, 64,000 chevaux, 6,600 canons et 4,400 wagons de vivres, de munitions et de matériel.

Ces quelques citations feront comprendre mieux que tous les raisonnements, l'importance considérable des chemins de fer au point de vue militaire.

Notions historiques.

2. La première application de la vapeur à la traction des véhicules fut faite en 1769 par l'ingénieur militaire français Cugnot, qui construisit une espèce de triqueballe destiné au transport des lourds fardeaux de l'artillerie.

A ce premier essai en succédèrent d'autres très nombreux, mais qui échouèrent tous, parce qu'aucun des inventeurs n'arriva à pouvoir diriger son char à vapeur.

Les choses, étaient en cet état, lorsque, en 1804, deux Anglais nommés Vivian et Trévityck imaginèrent d'employer des rails en métal, pour servir de voie à leur véhicule. Malheureusement, ces deux ingénieurs n'avaient aucune notion de l'adhérence, de sorte que, au lieu d'employer des rails unis, comme de nos jours, ils firent usage de rails à crémaillères sur lesquels venaient engrener les roues dentées du char à vapeur.

On conçoit sans peine que, avec un semblable procédé, le véhicule ne pouvait se mouvoir que très lentement. Néanmoins, tout imparfaite que fût cette invention, elle ouvrit un champ nouveau aux recherches et, en 1813, un autre Anglais, nommé Blackett, découvrit le phénomène de l'adhérence et prouva que le char à vapeur pouvait se mouvoir en utilisant la pression des roues sur les rails.

Toutefois, avec les machines primitives de cette époque et les lourdes chaudières difficiles à chauffer, l'invention n'était pas encore réellement pratique. Elle ne le devint qu'en 1828, alors que Stephenson imagina une chaudière présentant une très grande surface de chauffe et, par suite, une grande puissance de vaporisation. Ce fut Stephenson qui inventa également la coulisse qui porte son nom et qui permet

de faire marcher la machine en avant ou en arrière, suivant le côté sur lequel on produisait l'admission de la vapeur. Cette invention sera décrite en détail au chapitre v.

Presque à la même époque, le Français Séguin inventait la chaudière tubulaire qui augmentait, dans une énorme proportion, la surface de chauffe, et, par suite, la production de la vapeur. Dès lors, l'élan était donné, la voie était tracée. Aussi, les inventions et les améliorations se succédèrent-elles avec rapidité, et le char à vapeur ou locomotive entra dans le domaine réel de la pratique.

Les premières voies ferrées établies en France étaient simplement des tramways trainés par des chevaux.

Le premier de ces chemins de fer fut établi en 1823 entre Saint-Étienne et Andresieux ; le deuxième en 1824 entre Saint-Étienne et Lyon.

Ce n'est qu'en 1832, après les inventions de Stephenson et de Séguin, qu'on put employer la locomotive comme moteur, et ce n'est que dix ans plus tard, en 1842, que fut votée la première loi française décrétant la construction d'un réseau considérable.

Les progrès furent très lents jusqu'en 1851, époque à laquelle il n'y avait encore que 4,000 kilomètres de voie ferrée exploités en France ; mais, à partir de cette année, les progrès furent rapides et continus et, actuellement, le réseau exploité est d'environ 40,000 kilomètres, sans que personne puisse prévoir à quelles limites il sera étendu.

Les six grandes compagnies des chemins de fer.

3. Par suite du succès du premier réseau construit en 1842, les compagnies anciennes sollicitèrent de nouvelles concessions et d'autres compagnies se formèrent.

Les rapports de l'État et des compagnies furent réglés par différentes lois et con-

ventions, notamment celles de 1859 et de 1863, qui constituèrent définitivement le réseau français sur la base d'une association entre l'État et des compagnies, dont les plus considérables furent fusionnées de manière à former six groupes qui devinrent les Compagnies du Nord, de l'Est, de l'Ouest, d'Orléans, de Paris-Lyon-Méditerranée et du Midi.

Le territoire de la France fut ainsi partagé entre ces six compagnies principales, dont l'ancien réseau constitua la première mise, représentée par un certain *capital-actions*. Elles prirent l'engagement d'achever l'ancien réseau et de construire un certain nombre d'autres lignes qui formèrent le nouveau réseau.

Dans ce but, elles furent autorisées à contracter un emprunt par *obligations*, pour lequel l'État garantit, pendant cinquante ans, un certain minimum d'intérêts. En même temps, il fut stipulé qu'une partie des bénéfices obtenus sur les lignes de grande circulation seraient employés à combler les déficits qui résulteraient du trafic insuffisant de certaines petites lignes.

Les limites et les clauses de la concession faite à chaque compagnie font l'objet d'un cahier des charges divisé en six parties, savoir :

TITRE I. — Tracé et construction.

TITRE II. — Entretien et exploitation.

TITRE III. — Durée, rachat et déchéance de la concession.

TITRE IV. — Taxes et conditions relatives au transport des voyageurs et des marchandises.

TITRE V. — Stipulations relatives à divers services publics.

TITRE VI. — Clauses diverses.

Depuis quelques années, l'État est devenu possesseur d'un certain nombre de lignes, qu'il exploite pour son compte et qui portent le nom de *réseau de l'État*.

L'exploitation de ce réseau, qui devait être le début du rachat par l'État de toutes les lignes ferrées, fut loin de donner les ré-

sultats qu'on attendait. Aussi, en 1883, pour réaliser ce qu'on a appelé le *programme Freycinet*, on fut obligé de conclure avec les compagnies de nouvelles conventions ayant pour but la construction de 9,000 kilomètres nouveaux de voies ferrées dans un délai de dix ans.

L'esprit général des conventions a été de substituer les compagnies à l'État, dans la construction des lignes de ce réseau complémentaire, en ce sens que les compagnies construiront les lignes, mais pour le compte de l'État. Elles fourniront les fonds nécessaires à l'aide d'émission d'obligations, que l'État leur remboursera d'ici à la fin de leur concession, en annuités qui comprendront l'intérêt et l'amortissement du capital employé.

Les conventions attribuent en outre à chaque compagnie l'exploitation des lignes qui lui sont concédées.

Puissance de transport des chemins de fer.

4. D'après ce qui a été dit précédemment, on peut se rendre compte facilement que la puissance de transport des chemins de fer est le résultat de la combinaison de trois inventions successives : *la vapeur, le rail et la chaudière tubulaire*.

La substitution de la vapeur à la force musculaire des animaux a permis d'obtenir des efforts de traction plus continus, de remorquer des charges considérables à des vitesses énormes, et de beaucoup supérieures à celles que peut fournir le plus rapide coursier.

La substitution du rail en fer ou en acier au sol des routes ordinaires a eu pour résultat de diminuer le frottement de roulement dans une proportion tellement considérable, que la résistance au mouvement des voitures se trouve être, suivant les cas, de six à sept fois moindre que sur les meilleures routes.

Toutefois, ces deux premières inventions, la vapeur et le rail, n'auraient

donné que des résultats très incomplets au point de vue de la vitesse, si une troisième invention n'était venue se greffer sur celles-là. Nous voulons parler de la chaudière tubulaire inventée par le Français Séguin.

On sait, en effet, que la vitesse dépend de la quantité de vapeur que la chaudière peut produire, ce qui revient à dire que le train pourra marcher d'autant plus vite que la chaudière de sa locomotive pourra produire plus de vapeur dans un temps donné. Mais étant données les dimensions d'une locomotive, la chaudière à bouilleurs ne produirait qu'une quantité de vapeur suffisante pour remorquer des trains légers, avec une vitesse maximum de douze kilomètres par heure. Au contraire, avec le système tubulaire, on a pu obtenir des surfaces de chauffe et, par suite, une production de vapeur très considérable, de sorte qu'on a pu atteindre, pour les trains, une vitesse qui peut aller jusqu'à 80 kilomètres par heure.

On comprend, dès lors, les avantages considérables que procurent les chemins de fer aussi bien au point de vue des masses remorquées, qu'au point de vue de la vitesse des trains. De là, l'immense développement qu'ont pris ces nouveaux moyens de locomotion.

De l'adhérence.

5. La puissance de traction des chemins de fer repose sur le principe de l'adhérence. En effet, les roues des locomotives, actionnées par la vapeur, provoquent de la part du rail *un frottement ou adhérence* qui les empêche de tourner sur place et qui est, dès lors, le point d'appui ou la puissance de traction de ces machines.

Pendant longtemps on se refusa à croire qu'un véhicule reposant sur des rails, mais dont une force interne, une machine à vapeur, ferait tourner les roues, serait capable, par suite de l'appui obtenu par sa seule pesée sur les supports métalliques,

d'entraîner un certain nombre d'autres véhicules.

L'expérience fit pourtant constater ce résultat, que toute machine roulante peut remorquer à sa suite, et sur la même voie, un poids proportionnel à son frottement de glissement sur cette voie. Or le frottement des roues de locomotive sur les rails varie de 0,11 à 0,20 de son poids, c'est-à-dire qu'il est évalué en moyenne à $\frac{1}{7}$. Il en

résulte que la puissance de traction a pour valeur maxima le produit du poids de la machine par ce coefficient de frottement.

D'après ce qui vient d'être énoncé, l'effort de traction d'une locomotive pesant 45 tonnes est de $\frac{45000}{7} = 6428$ kilogr.

Or un cheval attelé à une voiture et allant au trot ne peut exercer d'une manière continue qu'un effort de 44 kilogr. Il en résulte que l'effort de traction de la locomotive est égal à $\frac{6428}{44} = 146$ chevaux.

On admet qu'un cheval peut traîner, sur une route ordinaire, un poids de 700 à 800 kilogr. soit 750 kilogr., en moyenne. Il en résulte que la locomotive en question est susceptible de remorquer un poids de $146 \times 750 = 1395$ tonnes, soit en chiffres ronds, 1400 tonnes.

On peut juger, d'après ces chiffres, de l'énorme supériorité de la machine sur le cheval de trait, surtout si l'on considère que la force musculaire n'agit qu'irrégulièrement et s'épuise vite, tandis que celle de la vapeur est toujours la même.

Influence des rampes.

6. Nous avons dit que l'adhérence était égale à $\frac{1}{7}$ pour des voies horizontales, mais cette puissance va en diminuant dans les rampes et chaque millimètre de rampe, par mètre de longueur, augmente la résistance du train du millième de son poids, c'est-à-dire d'un kilogramme par tonne. Il en

résulte que si la pente était de $\frac{1}{7}$, c'est-à-dire de 143 millimètres pour un mètre, la locomotive ne pourrait rien remorquer et ne pourrait même pas avancer.

Ainsi la machine de 45 tonnes à huit roues couplées peut remorquer 1395 tonnes en terrain horizontal. Avec une rampe de 10 millimètres par mètre, elle ne peut remorquer que 429 tonnes. Avec une rampe de 20 millimètres, elle ne peut remorquer que 257 tonnes, etc.

Or, sur de telles rampes, et même sur de plus fortes, un cheval traîne aisément une voiture. Cela tient à ce que le point d'appui du cheval dépend d'abord de la rugosité du sol, qui donne lieu à un frottement beaucoup plus fort que celui dont il s'agit et, en outre, d'un effort musculaire qui, au besoin, peut être plus grand que son propre poids.

La conclusion naturelle de cette influence des rampes sur la traction, c'est qu'il faut les éviter le plus possible, par le moyen de travaux de déblais ou de remblais et que, tout au moins, il faut diminuer leur raideur bien au-dessous des limites que nous avons données ci-dessus.

Nous verrons au chapitre v quels sont les moyens employés pour permettre à la locomotive d'avancer, lorsque, par suite de circonstances atmosphériques, ou autres elle vient à patiner.

Influence des pentes.

7. La *rampe* prend le nom de *pente* quand il s'agit du mouvement des trains dans le sens de la descente. L'action de la pesanteur, qui ralentit dans le cas de la rampe, pousse au contraire le train dans le cas de la pente. Cette poussée est assez forte pour qu'un train soit entraîné sans machine, à partir de pentes variant de 11 à 8 millimètres suivant les cas. Au delà de ces pentes, il est nécessaire, d'enrayer le mouvement par des appareils spéciaux dont il sera parlé au chapitre v.

Influence des courbes.

8. Nous avons fait jusqu'ici, l'hypothèse d'une voie en ligne droite ; mais en pratique les voies ferrées présentent une succession de droites et de courbes, nécessitées par la configuration et les reliefs du sol, l'emplacement des gares, etc.

Au point de vue de la traction, la courbe est une source de résistances comme la rampe, résistance qui varie suivant la grandeur du rayon et la vitesse de marche.

Le rayon minimum de la courbe est déterminé par la condition d'inscrire entre les bords intérieurs des rails des lignes d'une longueur telles que l'intersection des boudins des roues des machines avec le plan tangent au sommet du rail ait lieu sans que le bandage de chaque roue cesse de reposer sur le rail (*fig. 1*).

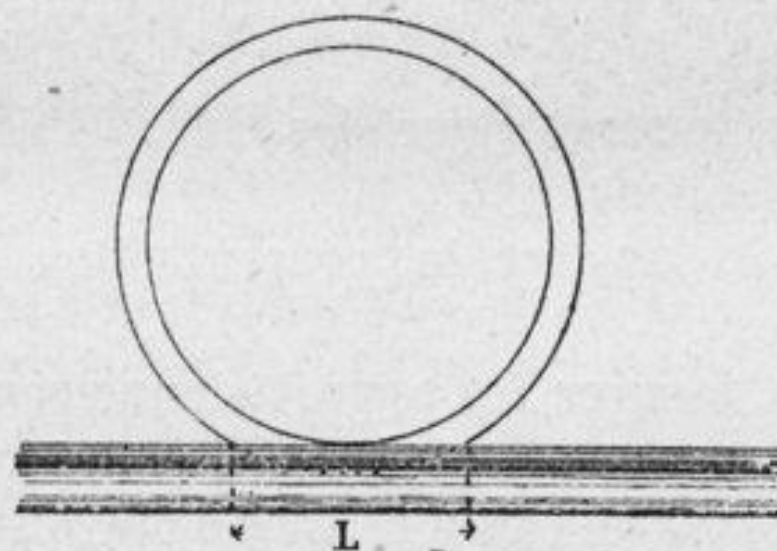


Fig. 1.

Mais, pour certaines causes, telles que les inégalités de la voie, le parallélisme des essieux, le mouvement de lacet, etc., il arrive que des pressions considérables tendent à se produire contre les boudins et qu'il en résulterait une usure rapide des rails et des bandages.

Pour remédier à ces inconvénients, on est obligé d'augmenter la longueur du rayon minimum de la courbe, de manière à donner à la machine une certaine liberté d'allures, et cela d'autant plus que la vitesse est plus grande et le poids remorqué plus lourd.

On comprend, d'après ce qui vient d'être dit sur l'influence des rampes, des pentes et des courbes, qu'il est impossible d'éta-

blir le chemin de fer en lui faisant suivre les accidents du terrain, mais qu'il faut au contraire des travaux d'art et de grands mouvements de terre, qui en rendent la construction difficile et coûteuse.

Conditions stratégiques.

9. Le réseau des chemins de fer d'un État doit être disposé de manière à favoriser la concentration des armées. A ce propos, il y a lieu de remarquer qu'il ne faut pas confondre la mobilisation et la concentration. Ce sont là deux opérations distinctes et d'un caractère différent.

La mobilisation a pour but de porter les unités de toutes armes à leur effectif de guerre, tandis que la concentration a pour but de prendre les unités complétées par la mobilisation et de les transporter en des points déterminés, sur la frontière menacée.

Le rôle stratégique des chemins de fer consiste donc :

1° A assurer la concentration des troupes ;

2° A assurer les approvisionnements ;

3° A permettre et à favoriser les mouvements parallèles à la base d'opérations.

Les compagnies de chemins de fer ne sont donc pas libres d'établir le tracé de leur réseau en ne tenant compte que des intérêts commerciaux ou industriels des contrées qu'elles desservent. Ce tracé est déterminé par l'État, qui a le droit de veiller à ce que les intérêts de la défense générale du pays soient sauvegardés.

Les tracés des lignes nouvelles sont soumis à la Commission supérieure des Chemins de fer. En cas de contestation avec les compagnies, la Commission mixte des travaux publics décide. Enfin, si la décision de cette commission est contestée, le Parlement juge en dernier ressort.

En vue de la défense d'une frontière, les chemins de fer doivent former un système de plusieurs lignes indépendantes, partant de toutes les extrémités du pays,

pour aboutir sur les différents points de la zone menacée. Chacune de ces lignes, après avoir transporté un ou deux corps d'armée, peut leur servir de ligne d'approvisionnement et les mettre en communication avec leurs dépôts et leurs magasins. On voit par là qu'il existe une certaine relation entre la place occupée par les corps d'armée, dans l'ordre de bataille sur la frontière, et la direction de leurs lignes ferrées de concentration. Il faut, en outre, que, à une certaine distance en arrière de la ligne de bataille choisie, on ait une ou deux lignes ferrées transversales, dites de manœuvre, permettant de déplacer les troupes dans le sens du front, pour renforcer le point faible de la ligne.

Remarques.

10. Des considérations précédentes, on peut facilement déduire les remarques suivantes :

1° Il faut éviter autant que possible de faire coïncider les points à forte rampe avec ceux à courbe de petit rayon, afin de régulariser le travail de la machine, car les courbes, aussi bien que les rampes, augmentent la résistance des trains ;

2° Lorsque les rampes sont très fortes et sont dans le même sens, les ruptures d'attelages peuvent être très dangereuses, et l'on est obligé d'y remédier en plaçant la machine en queue en montant et en tête en descendant ; mais si, dans une même section, les pentes changent de sens, on emploie souvent une deuxième machine dite de renfort, qui se place en queue du train au commencement de la pente, tandis que la première reste toujours en tête

3° Une rampe forte, mais courte, est aisément franchie par une machine ordinaire au moyen de la vitesse acquise par le train lorsqu'il l'aborde, tandis qu'une rampe modérée, mais très longue, exige des moyens de traction exceptionnels (1).

(1). Ces rampes courtes ainsi franchies sont appelées *rampes d'élan*.

Pour se rendre compte de la difficulté d'examiner non seulement la raideur des de la traction d'une voie ferrée, il faut rampes, mais encore leur développement.

CHAPITRE II

MATÉRIEL DE CONSTRUCTION DES VOIES FERRÉES

Généralités.

11. On désigne, sous le nom de *voie ferrée*, une route tracée dans des conditions particulières et supportant des pièces longitudinales métalliques placées bout à bout, par rangées parallèles de deux, et destinées à faciliter le roulement des véhicules qui les utilisent, à cause de la diminution considérable du frottement des roues sur le métal.

Les pièces longitudinales métalliques dont nous venons de parler portent le nom de *rails*.

L'ensemble de deux cours de rails qui ont un écartement constant, constitue ce qu'on appelle la *voie*. On comprend sans peine que les rails ne peuvent être posés directement sur le sol, car il est indispensable :

1° De maintenir leur écartement partout égal, c'est-à-dire leur parallélisme ;

2° De les empêcher de se renverser à droite ou à gauche ;

3° De les empêcher de s'enfoncer dans le sol, par suite du tassement inégal de celui-ci sous l'action des roues des véhicules.

Pour maintenir les rails dans une position fixe et stable, on les a fixés d'une manière invariable, soit sur des pièces de bois longitudinales appelées *longrines*, soit sur des pièces de bois transversales appelées

traverses ; soit enfin sur des *dés* en pierre ou en maçonnerie, suffisamment rapprochés les uns des autres.

Enfin, pour empêcher le tassement inégal du sol, dans de certaines limites, on a composé la partie supérieure de la chaussée de matériaux à peu près incompressibles, c'est-à-dire le plus souvent de sable et de gravier. Cette partie supérieure sur laquelle reposent les longrines ou les traverses supportant la voie porte le nom de *ballast*. Le ballast a, en outre, pour but d'assurer le drainage permanent de la voie ; par suite, sa conservation.

Une ligne ferrée comporte généralement une paire ou deux paires de rails parallèles. On dit alors que la ligne est à *voie simple*, ou à *double voie*. Il est assez probable que les nécessités du trafic forceront, à l'avenir, à employer en certains endroits des lignes à trois, et peut-être à quatre voies.

Indépendamment de ces éléments essentiels le matériel des chemins de fer comprend encore une foule d'objets, engins, ustensiles, appareils, etc., dont nous parlerons lorsque nous aurons à décrire leur mode d'emploi.

Enfin, il existe un genre tout particulier de voie ferrée, entretoisée d'avance et pouvant être posée directement sur le sol, sans traverses et, au besoin, sans ballast. Cette voie ferrée est désignée sous le nom de *système Decauville*, du nom de son in-

venteur. Elle est étroite. Sa largeur varie de 0^m,50 à 1^m,00. Elle convient plutôt pour des exploitations de mines, d'usines, de chantiers, que comme voie de communication à grande distance. Elle est aussi fort employée pour les mouvements de matériel à effectuer dans les forts et dans les places fortes.

Rails.

12. Par suite des poids énormes que doivent supporter les rails, on a cherché naturellement à leur donner un profil qui leur permit de résister le mieux possible aux efforts de flexion. On démontre en mécanique que ce profil est celui d'un rectangle évidé (fig. 2), soit celui du double T, qui est l'équivalent théorique du premier (fig. 3).

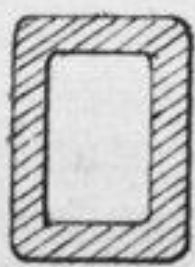


Fig. 2



Fig. 3.



Fig. 4.

13. *Rails à double T en fer.* — Il est facile de comprendre que la forme du double T théorique ne pouvait convenir à cause de ses arêtes vives et de sa faiblesse aux angles rentrants. On a été conduit à le modifier à sa partie supérieure de manière à arrondir les angles et à renforcer les points d'appui, de sorte qu'on est arrivé à la forme d'un champignon (fig. 4). Mais il n'était pas suffisant de modifier la partie supérieure du rail, il fallait aussi donner à celui-ci, dans la partie médiane, une résistance convenable, et une épaisseur assez grande pour rendre solidaires les flexions des deux extrémités du rail. Cette partie médiane, appelée *âme* du rail, fut donc renforcée en conséquence.

14. Enfin, pour donner à la partie inférieure une résistance suffisante contre la flexion et contre l'écrasement, on ter-

mina le rail par un champignon analogue à celui de la partie supérieure, et le rail prit le nom de *rail à double champignon*. Cette disposition, qui fut adoptée d'une

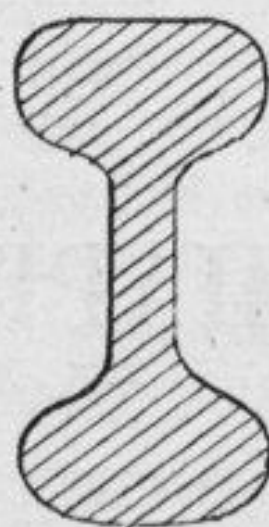


Fig. 5.



Fig. 6.

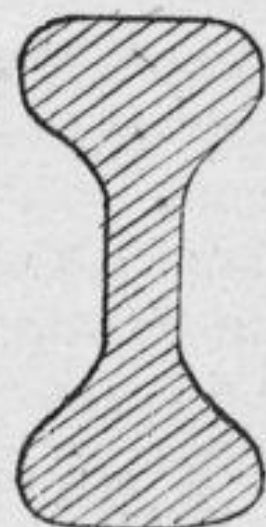


Fig. 7.

manière générale pour les premières voies ferrées en France, avait encore pour avantage de permettre le retournement de rail sens dessus dessous, par suite de la symétrie absolue des deux champignons, lorsque celui de la partie supérieure était usé ou détérioré (fig. 5, 6 et 7).

L'inconvénient de ce rail, c'est qu'il n'a pas de stabilité par lui-même et qu'il ne peut, par conséquent, reposer directement sur ses supports. On est donc obligé de le placer dans des appareils en fonte, appelés *coussinets* (fig. 8), dans lesquels il est maintenu à l'aide de coins en bois.

15. Dans certains pays et notamment en Westphalie et en Belgique dans le but d'augmenter la résistance à l'usure locale, on diminua la section du champignon inférieur pour renforcer celle du champignon supérieur, et l'on obtint alors un *rail à champignons inégaux* (fig. 9 et 10).

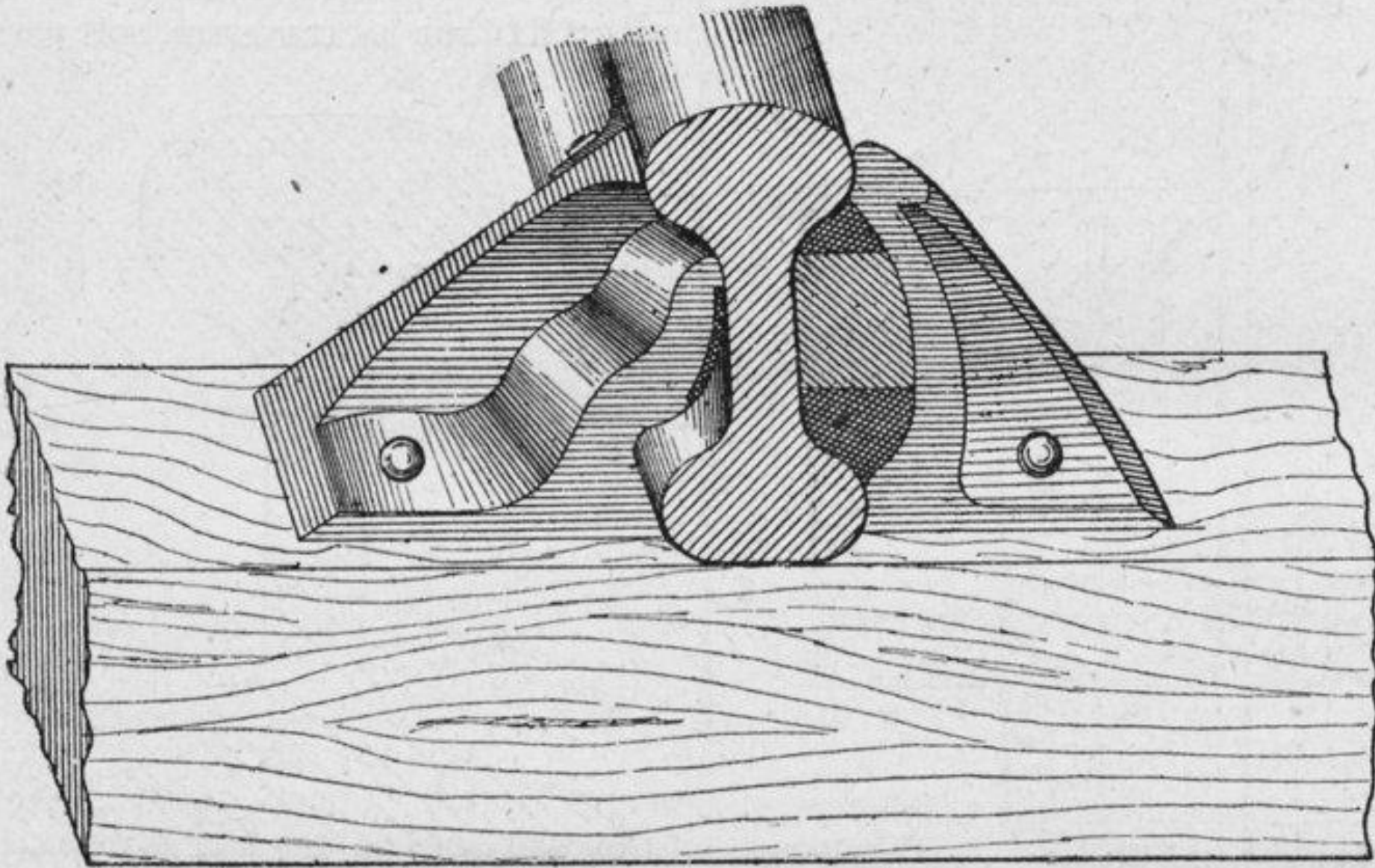
L'inconvénient de ces derniers rails, c'est d'avoir une résistance à la flexion beaucoup plus faible que les rails à champignons symétriques.

L'expérience même fit constater que la résistance du fer à la traction est plus faible qu'à la compression. Il en résulte que ce n'est pas en haut que devrait se trouver le plus gros champignon, mais en bas. Ce système est donc à rejeter d'une manière absolue.

En ce qui concerne le rail à champi-

gnons symétriques, l'expérience fit également constater un certain nombre d'inconvénients que nous allons énumérer.

1° Le retournement est loin d'être aussi avantageux qu'il le paraît de prime-abord, car cette opération est loin de



Rail à double champignon

Fig. 8.

doubler la durée moyenne du rail. Cela tient à ce que les coins serrant très inégalement le rail, par suite de variations incessantes de la température, et pouvant même se détacher et laisser ainsi le rail jouer librement dans son coussinet, il se



Fig. 9.

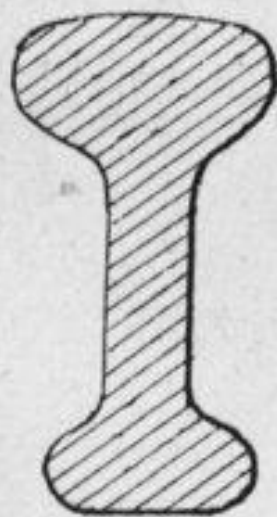


Fig. 10.

produit, lors du passage des trains, des ballottements et des chocs entre les rails et un grand nombre de leurs coussinets, qui occasionnent la détérioration non seulement du champignon supérieur, mais encore du champignon inférieur dans sa région de contact avec la semelle.

Cette détérioration consiste en une dépression à la surface du champignon, et celui-ci, ne pouvant plus reposer sur la semelle, qu'il ne touche que par intermittences, amène l'usure rapide des bandages des roues, la rupture des coussinets si leur semelle n'est pas très épaisse, le maculage des entailles des traverses et quelquefois la rupture des rails eux-mêmes.

2° Les coussinets et les coins, qui sont nécessaires pour assurer la stabilité du rail à double champignon, rendent l'installation de cette voie très onéreuse, ainsi que son entretien, d'autant plus que, en cas de déraillement, les roues des véhicules déraillés sur des voies à coussinets les cassent par centaines.

16. Toutes ces considérations ont amené les ingénieurs à rechercher un rail ayant plus de stabilité par lui-même, de manière à pouvoir être fixé sur les traverses sans qu'on soit obligé de recourir à des coussinets et à des coins; sauf à n'a-

voir qu'un seul champignon, puisque le retournement du rail ne procure qu'un très faible avantage sous ce rapport.

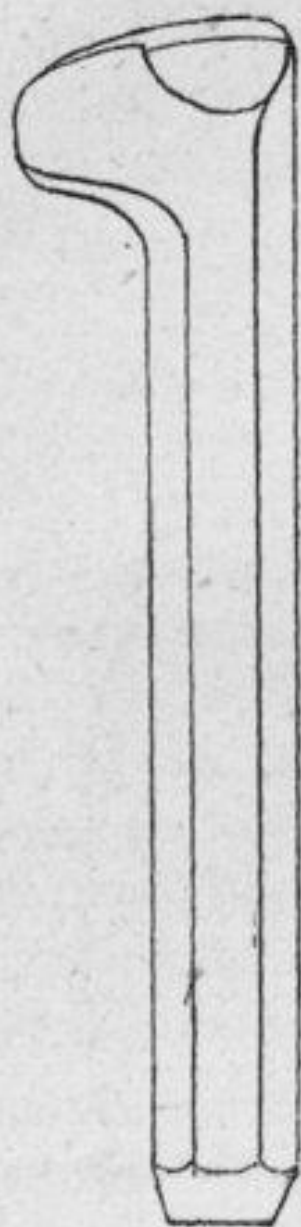


Fig. 11.

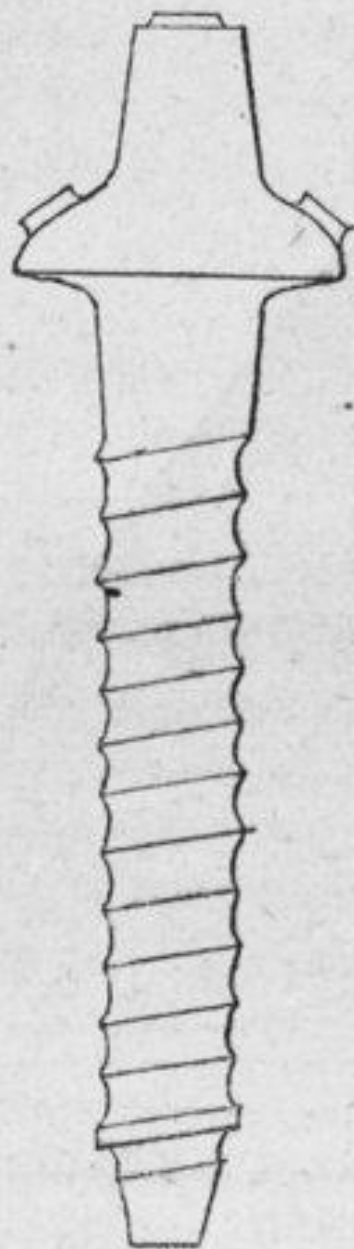


Fig. 12.



Fig. 13.

Pour réunir ces différentes conditions, on a été conduit à donner à la partie inférieure du rail la forme d'un patin, d'une section égale à celle du champignon. Ce rail se nomme *rail à patin* ou *rail Vignole*, du nom de son inventeur.

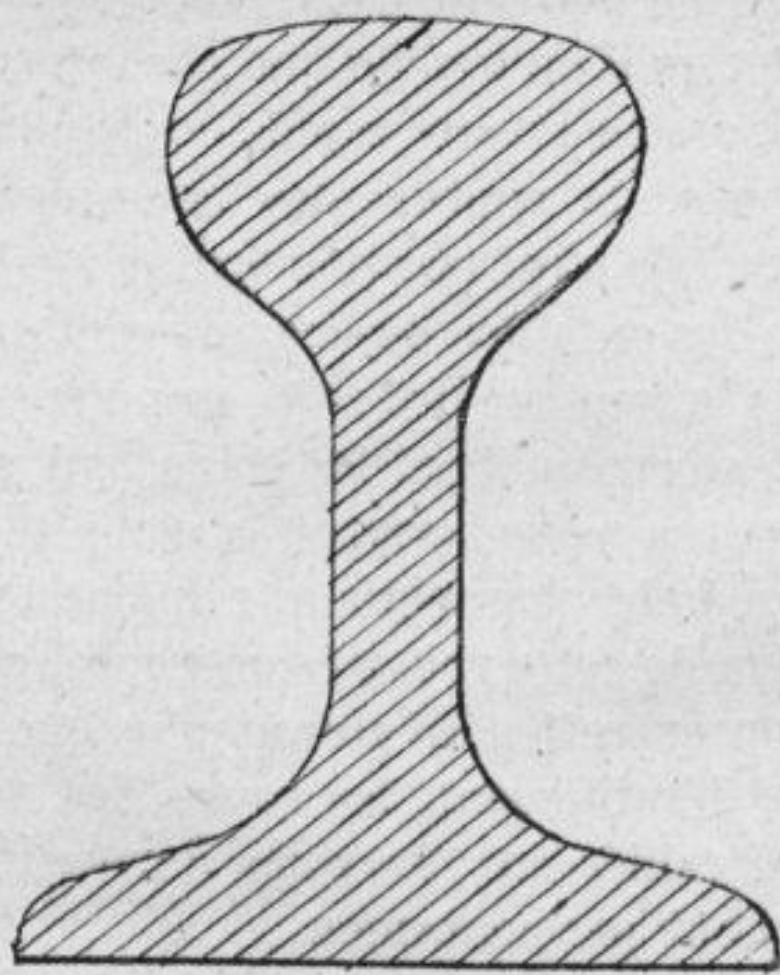


Fig. 14.

rieure du rail la forme d'un patin, d'une section égale à celle du champignon. Ce rail se nomme *rail à patin* ou *rail Vignole*, du nom de son inventeur.

Le profil du rail à patin a été établi de manière à faire passer dans l'intérieur de la base du patin la résultante des actions auxquelles le champignon est soumis. Ce rail est fixé sur les traverses, soit par des

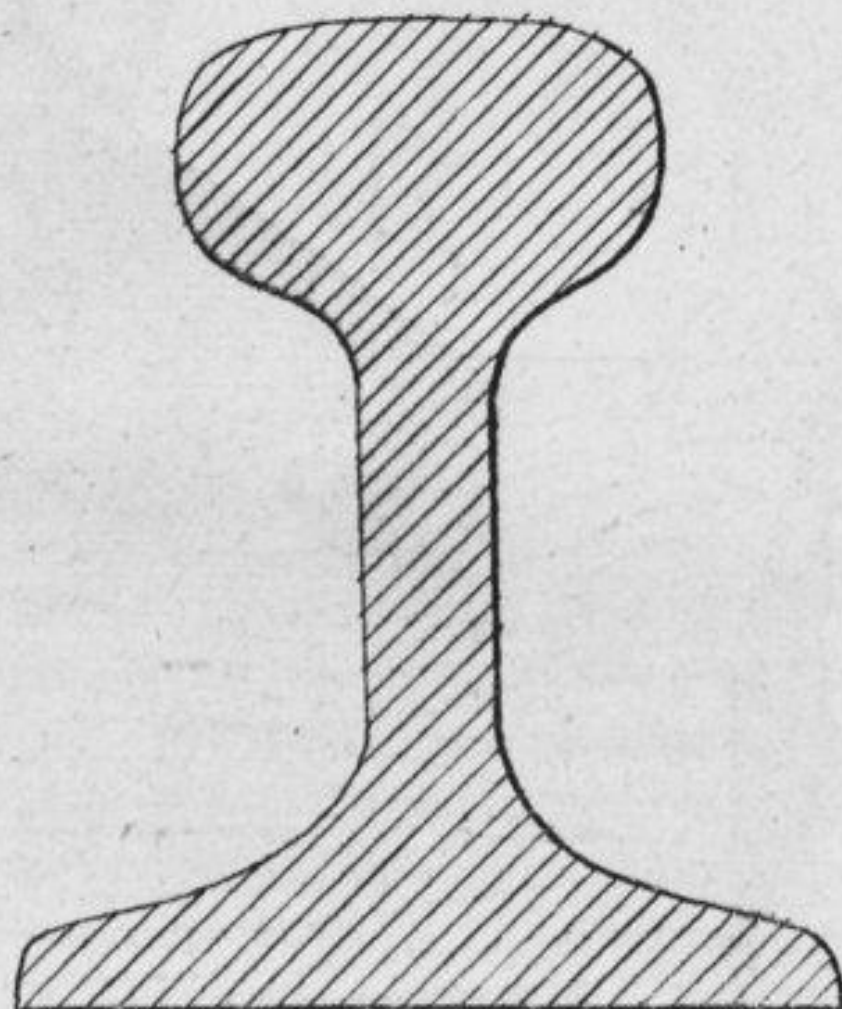


Fig. 15.

crampons (*fig. 11*), comme dans la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée, soit

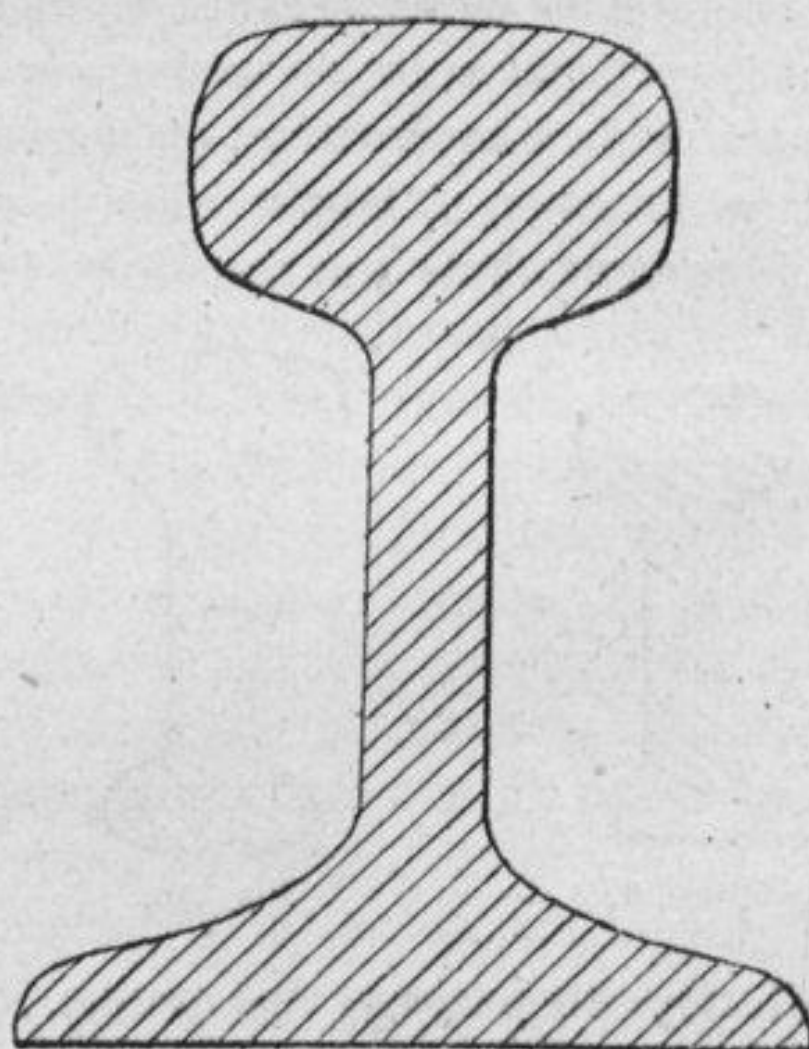


Fig. 16.

par des tirefonds comme dans la Compagnie de l'Est (*fig. 12*), ou comme dans la Compagnie du Nord (*fig. 13*).

Nous donnons ici les profils adoptés

pour les rails à patin dans les différents pays : Est français (*fig. 14*) ; Nord français

donne le retournement, et peut-être aussi parce que ce rail est plus avantageux dans les voies à faible trafic, parce qu'alors les

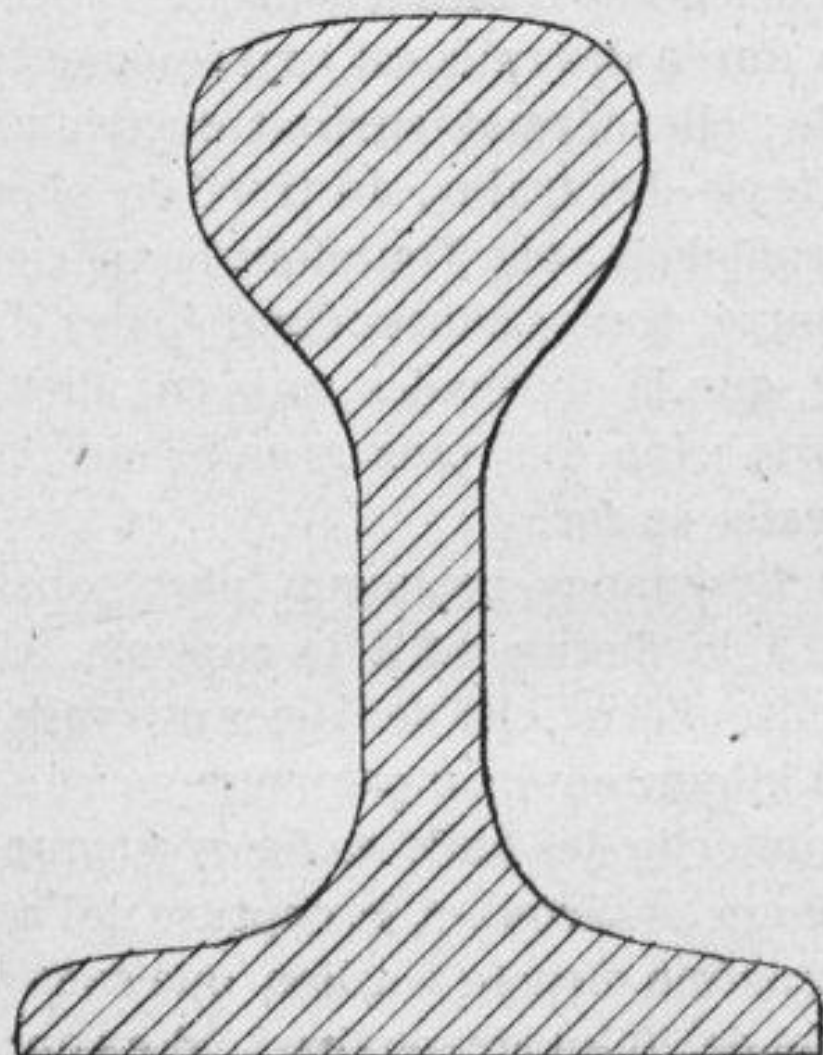


Fig. 17.

(*fig. 15*) ; Paris-Lyon-Méditerranée (*fig. 16*) ; Allemagne (*fig. 17*) ; Autriche (*fig. 18*) ; Espagne (*fig. 19*).

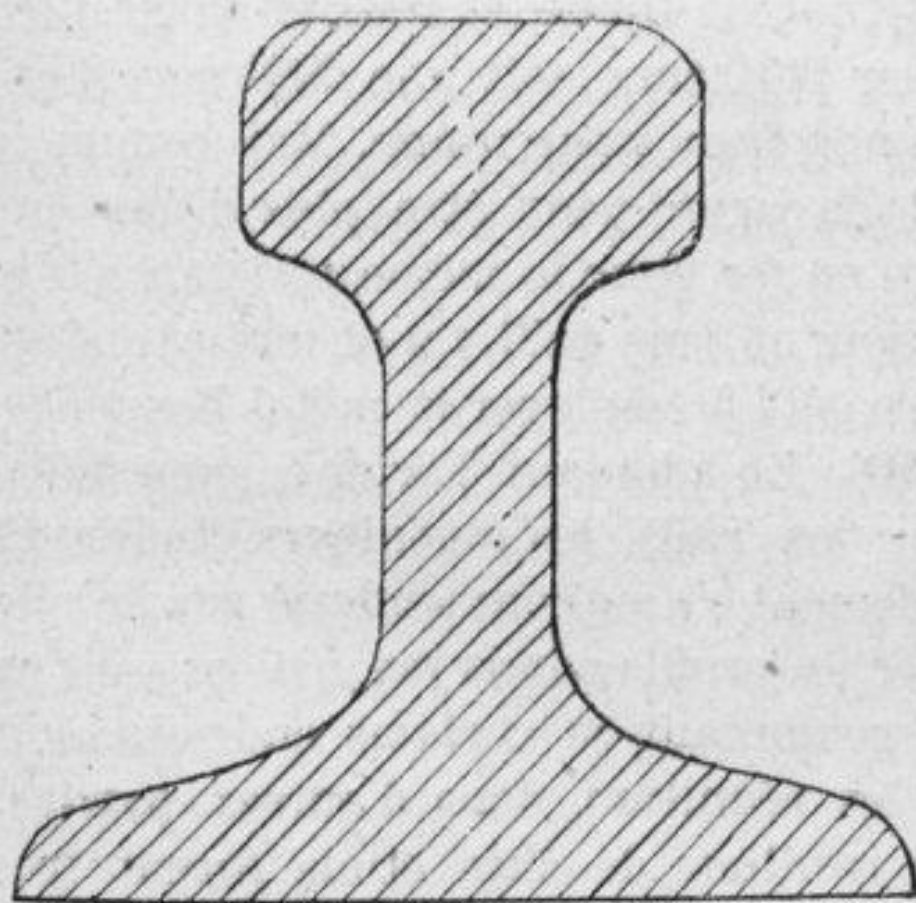


Fig. 18.

Le rail à patin tend à remplacer le rail à double champignon presque partout, et ce dernier est remplacé au fur et à mesure de sa mise hors de service par le premier.

La Compagnie du Midi, l'Inde anglaise et l'Angleterre sont les seuls pays qui aient conservé en principe le double champignon, à cause de la durée plus longue que

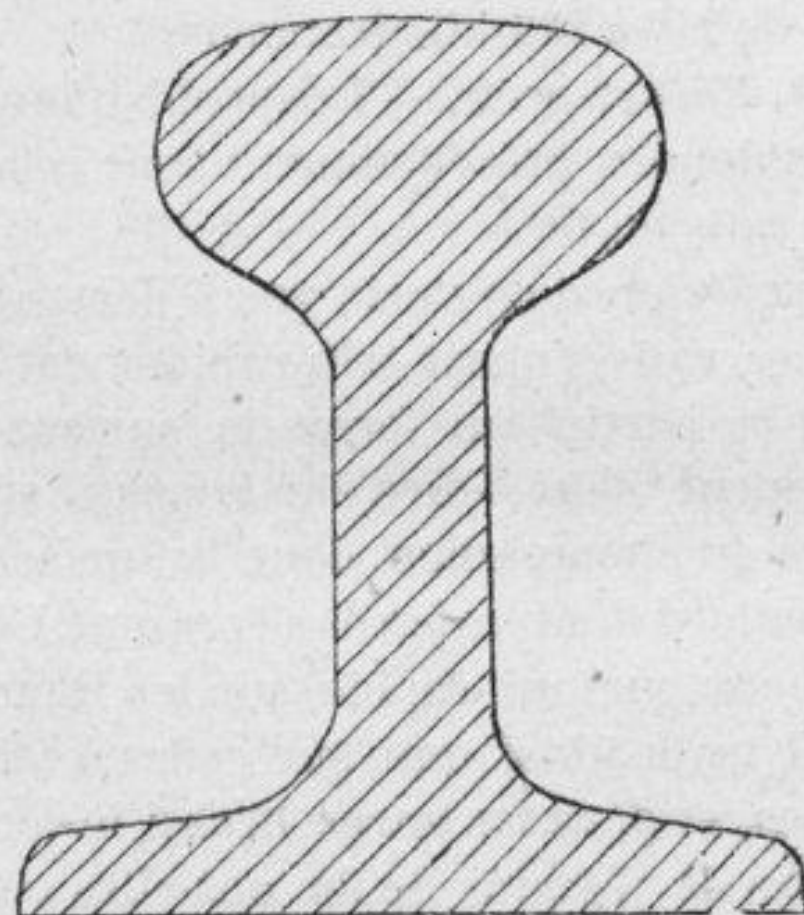


Fig. 19.

inconvenients que nous avons signalés plus haut sont beaucoup moins sensibles.

En France, le rail à double champignon est réservé principalement pour les voies de garage.

LONGUEUR DES RAILS.

17. On comprend qu'on a intérêt à avoir le rail le plus long possible, dans le but de diminuer le nombre des joints et de réaliser ainsi une économie par l'emploi d'un nombre moindre de boulons et d'éclisses ; d'un autre côté, il est indispensable que le rail soit invariable et ne forme pas une masse trop lourde ; cette longueur a été reconnue convenable à 6 mètres pour les rails en fer, et à 8 mètres pour les rails en acier qui sont plus légers au mètre courant.

La longueur normale des rails à double champignon est de 5 à 6 mètres suivant les compagnies ; celle des rails à patin est de 6 mètres ; enfin, pour les rails en acier, on a porté cette longueur jusqu'à 8 mètres.

POIDS DES RAILS.

18. Les rails en fer à double champi-

gnon pèsent 35 kilogr. à 37 kilogr. 750 par mètre courant. Les rails à patin en fer pèsent à peu près le même poids; ce qui donne, pour un rail en fer, un poids total de 240 à 246 kilogrammes.

19. Rails en acier. — Les profils que nous avons donnés précédemment sont relatifs à des rails en fer.

L'expérience ne tarda pas à démontrer que ces rails s'usent très rapidement sur toute la partie qui forme la surface du roulement, c'est-à-dire sur la partie supérieure du champignon, dont la surface se dessoude et dont les bords s'écrasent. Cette usure est surtout rapide sur les lignes à grand trafic ainsi que sur celles à fortes rampes, et dans les gares. Aussi les compagnies de chemins de fer ont-elles cherché à remédier à cet inconvénient en employant un métal plus dur et résistant, c'est-à-dire l'acier.

Les premiers essais ne furent pas très avantageux, parce qu'on voulut d'abord employer l'acier puddlé, qui a tous les inconvénients du fer à cause de son défaut d'homogénéité. De plus, à cause du prix de revient très élevé de cet acier, on se contentait généralement du rail mixte, c'est-à-dire avec champignon seul en acier. Heureusement, la découverte de l'acier Bessemer et les conditions économiques dans lesquelles ce métal est produit, vinrent modifier cet état de choses, et, actuellement, il y a tendance à remplacer partout les rails en fer par des rails en acier Bessemer. Les avantages de ce dernier métal sont les suivants :

1° Fabrication plus sûre que celle du fer laminé, parce qu'elle permet d'obtenir une production déterminée de carbone et une constance parfaite dans les produits.

2° Usure beaucoup moins rapide. — Ainsi, d'après des expériences faites sur le réseau des chemins de fer du Nord, les meilleurs rails en fer doivent être mis en rebut lorsqu'ils ont subi une circulation totale de 20 millions de tonnes; tandis que les rails en acier avaient déjà supporté

en 1870 le passage de 80 millions de tonnes et n'offraient encore à leur surface que de très légères traces d'usure.

La durée des rails est extrêmement variable; elle dépend surtout du trafic, de la vitesse des trains, du tracé en plan et du profil de la voie. Toutefois, l'expérience a prouvé, toutes choses étant égales d'ailleurs, que la durée des rails en acier est environ cinq fois plus grande que celle des rails en fer.

3° Résistance beaucoup plus considérable à la flexion et à la rupture. Ainsi la limite d'élasticité de l'acier des rails est de 40 kilogr. environ par mètre carré, tandis que celle des rails en fer n'est que de 18 kilogr. environ, et la rupture de l'acier à la traction directe n'a lieu que sous une charge de 70 kilogr. environ, alors qu'elle se produit pour le fer sous une charge de 32 kilogr. environ.

4° Prix de revient relativement bien inférieur à celui des rails en fer. En effet, les rails en fer valent actuellement 350 francs la tonne, et ceux en acier Bessemer 420 francs, soit une différence d'environ 70 francs par tonne. Mais comme le rail en acier peut être plus léger que celui en fer pour la même résistance à la flexion, on voit qu'il y a encore avantage de ce côté à employer le métal Bessemer.

20. En adoptant l'acier comme métal pour les rails, les ingénieurs étudièrent également s'il ne conviendrait pas de modifier les profils admis jusqu'alors, soit en les renforçant en certains endroits, soit en les réduisant dans d'autres parties. Les résultats de cette étude furent très différents, suivant les nations et les ingénieurs qui firent les expériences. C'est ainsi que la Compagnie française du Nord adopta successivement trois types de rails en acier, pesant, au mètre linéaire, le premier 35 k. 40 (fig. 20); le second 30 k. 30 (fig. 21); le troisième 30 kilos (fig. 22). C'est ce dernier type qui a été définitivement adopté.

La Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée

étudia d'abord un rail en acier d'un profil semblable à celui du rail en fer, mais

Pour la compagnie des chemins de fer du Sud (*fig. 26*).

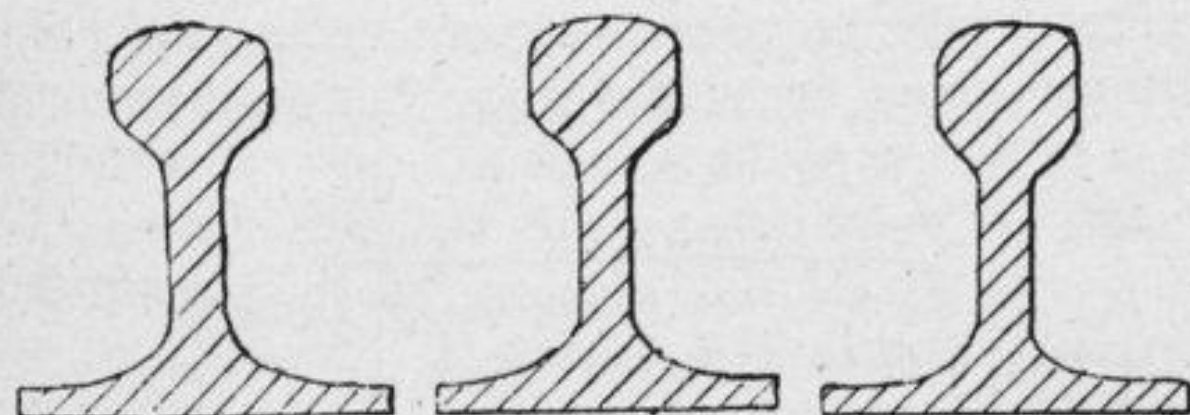


Fig. 20.

Fig. 21.

Fig. 22.

avec patin de 130 millimètres au lieu de 100 millimètres (*fig. 23*) et ce rail fut

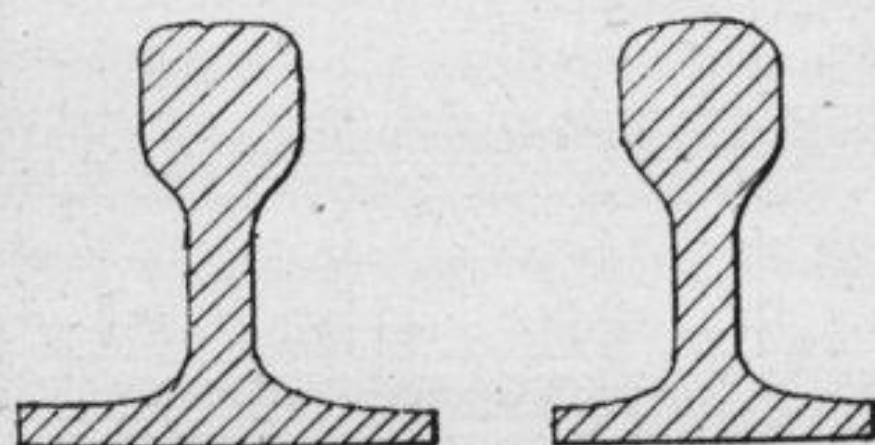


Fig. 23.

Fig. 24.

adopté pour les lignes de grand trafic, à cause de ses avantages de stabilité. Toutefois, son prix de revient étant assez élevé, la compagnie étudia un second rail plus léger pour les lignes de faible trafic (*fig. 24*).

L'Autriche a également modifié le profil du rail en fer indiqué (*fig. 18*) par les suivants, pour les rails en acier, savoir :

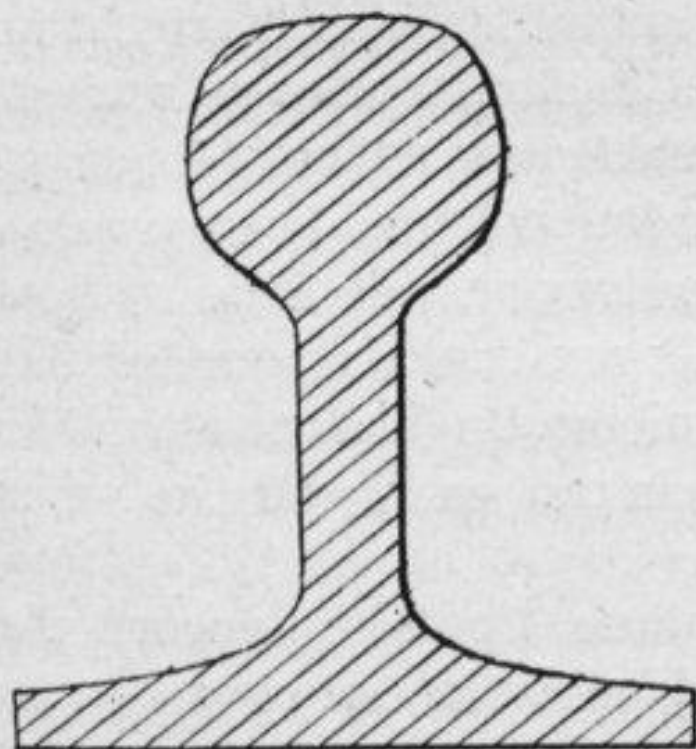


Fig. 25.

Pour la Compagnie des chemins de fer du Nord (*fig. 25*).

Les résultats fournis par ces nouveaux rails ont été tellement satisfaisants que les compagnies de chemins de fer qui les ont essayés n'en emploient plus d'autres pour remplacer les rails en fer, au fur et à mesure de leur mise hors de service.

Les autres nations, notamment l'Angleterre, ont conservé, pour le rail en acier, le même profil que pour le rail en fer; mais rien ne dit qu'elles ne le modifieront pas dans un avenir plus ou moins éloigné. En effet, s'il ne se produit pas de changement

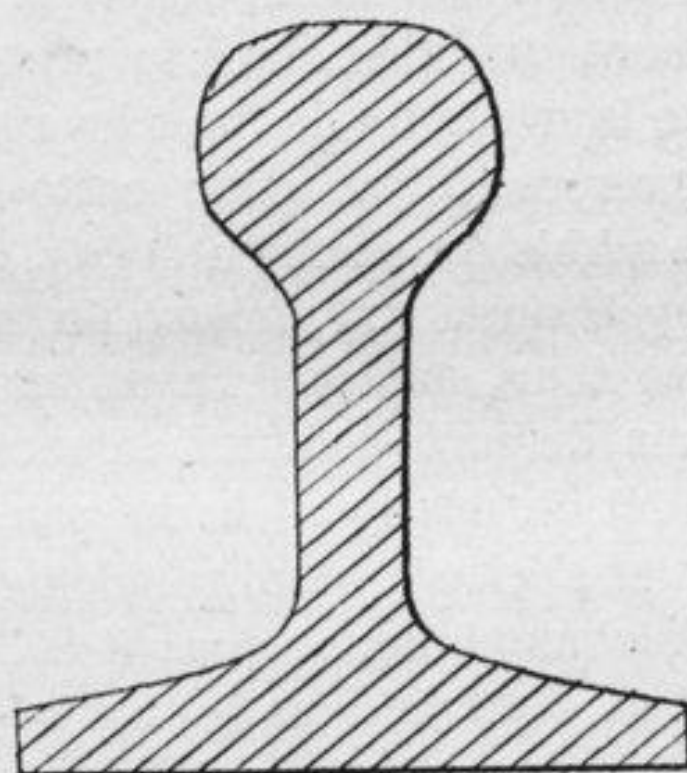


Fig. 26.

dans la constitution moléculaire de l'acier employé pour les rails de chemins de fer, nous croyons que le succès de ce métal ne saurait être douteux; car, indépendamment de sa dureté et de son homogénéité, il possède des éléments de résistance plus considérables que ceux du fer.

Les rails en fer se désagrègent à leur surface de roulement avant de s'user. Aussi ont-ils très peu perdu de poids quand ils sont mis hors de service. Ceux en acier, au contraire, s'usent sans se désagréger, et on espère qu'avant d'être mis en rebut, leur usure pourra atteindre un centimètre.

Toutes ces raisons nous semblent des plus convaincantes en faveur de la sub-

stitution des rails en acier aux rails en fer, dans la construction des voies ferrées.

21. Rails en Π . — Nous avons dit que la forme du rectangle évidé constituerait un profil réunissant de bonnes conditions au point de vue de la résistance à la flexion.

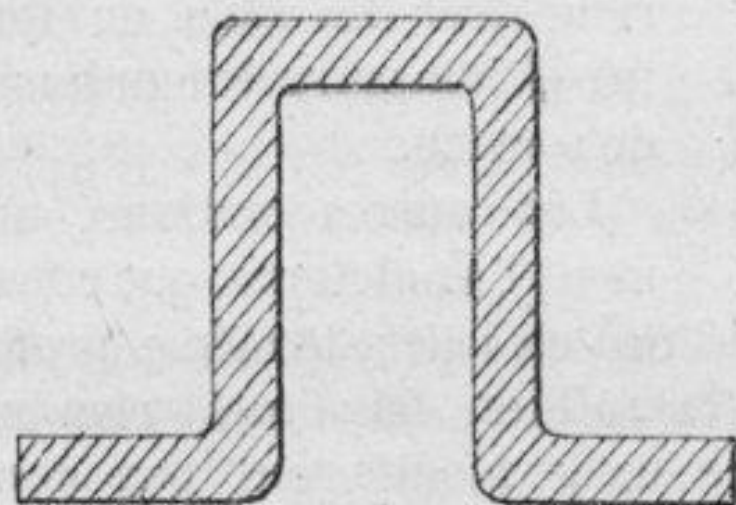


Fig. 27.

Toutefois, cette forme demande à être légèrement modifiée, dans la pratique, à cause de la nécessité de fixer les rails sur les traverses. C'est pour cette raison qu'on a admis un profil en Π (fig. 27). Ce rail, appelé aussi *rail Brunel*, du nom de son inventeur, présente l'avantage de ne pas avoir de porte-à-faux à sa surface de roulement et, dès lors, de ne pas se déformer et s'écraser aussi rapidement que le rail à champignons ; mais il a l'inconvénient de s'ouvrir sous la charge, ce qui empêche de le placer sur des traverses, et obligé à le fixer sur des supports continus appelés *longrines*, au moyen de crampons, de tirefonds ou de boulons (fig. 28).

Le rail et son support sont enterrés dans le ballast, en ne laissant dépasser que la surface suffisante pour laisser passer les boudins des roues.

L'écartement des rails est maintenu par des traverses placées aux deux extrémités et au milieu de chaque longrine.

Si la voie avait pu fonctionner dans ces conditions, elle eût été très avantageuse, car son prix de revient était moins élevé que celui de la voie avec rails à champignon. De plus, la rupture d'un rail était inoffensive, car celui-ci étant soutenu par la longrine, on pouvait réparer la fracture

en la considérant comme un joint. Malheureusement, l'expérience fit bientôt constater, que, outre les pressions verticales les roues exercent encore des pressions horizontales par leurs mentonnets,

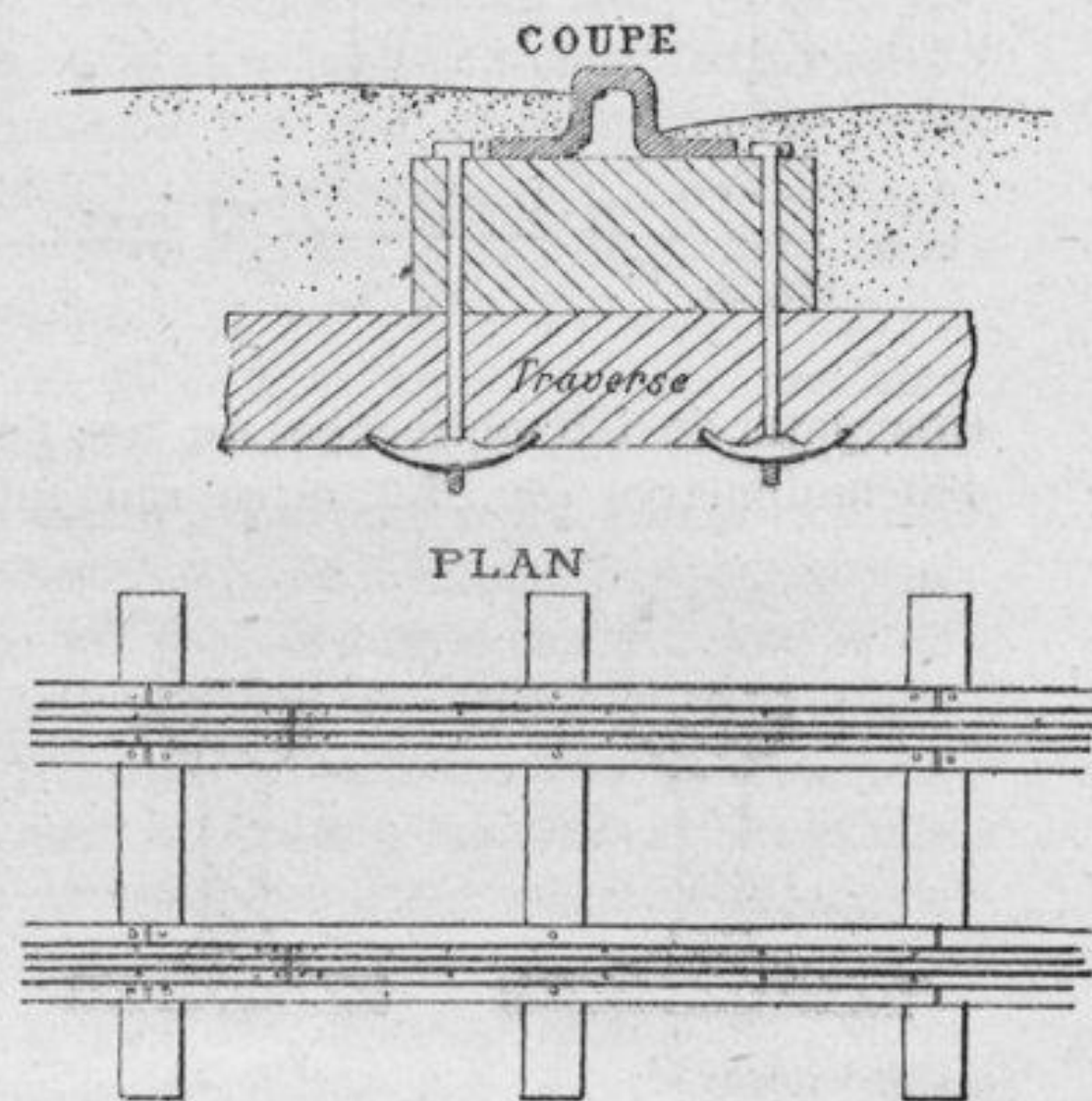


Fig. 28.

et que ces pressions tendent à élargir la voie entre deux traverses et à renverser le rail autour de son arête extérieure, toutes causes suffisantes pour produire le déraillement.

Pour remédier à ces inconvénients et donner à la voie une rigidité suffisante, on reconnut qu'il fallait multiplier les traverses autant qu'avec la voie sans longrines. Dès lors, le prix de revient était considérablement augmenté, puisqu'il fallait le même nombre de traverses, et de plus des longrines de forte section avec de nombreux boulons pour les fixer sur les premières. On fut donc amené à abandonner le rail en Π pour les voies normales.

Le rail en Π présente encore d'autres causes d'infériorité, savoir :

1° Une résistance transversale forcément plus petite, à égalité de poids, que les rails à champignon.

2° Une tendance à s'écraser et à se fen-

dre longitudinalement, lorsqu'il est soumis à une charge un peu forte.

Un autre inconvénient du rail en Ω , c'est la difficulté de consolider les joints, eu égard à la nécessité de ménager la libre dilatation du rail. On sait en effet que le rail, comme tous les objets métalliques, se dilate d'une manière assez considérable sous l'influence de la chaleur. Il en résulte que si l'on plaçait les rails bout à bout et tout à fait jointifs dans le sens de la longueur, la dilatation aurait pour effet de leur faire prendre la forme d'un sinus-ôïde, c'est-à-dire de détruire le parallélisme de la voie, de faire éclater une partie des appareils de fixation, coussinets, boulons, crampons, tirefonds, et, par suite, de produire le déraillement des trains. On est donc obligé de laisser entre les rails un certain espace vide, appelé *joint*, suffisant pour permettre la dilatation, mais consolidé de manière à ne présenter aucun inconvénient par suite de la solution de continuité des rails.

Cette consolidation du joint s'obtient facilement dans la voie avec rails à champignon, au moyen de plaques appelées *éclisses*, ainsi que nous le verrons plus loin ; au contraire, elle est presque impossible à obtenir, du moins d'une manière satisfaisante, avec le rail Brunel.

En effet, les joints du rail en Ω ne peuvent être convenablement consolidés qu'au moyen d'un couvre-joint métallique fixé à la longrine par des tirefonds et aux deux rails par des rivets. Il en résulte que la dilatation produit des gondolements de rails en été et des ruptures de plaques en hiver. Toutefois, la voie sur longrines convient dans certains cas particuliers, à cause de sa solidité et de sa stabilité ; par exemple, sur les ponts, viaducs et ouvrages d'art non ballastés, de même que pour rétablir rapidement la circulation à la suite de l'éboulement d'un remblai.

Nous devons pourtant faire remarquer que le rail à patin peut être employé aussi

bien que le rail en Ω pour la voie sur longrines, et c'est même le cas général.

Rail Barlow.

22. L'ingénieur Barlow essaya d'améliorer le rail en Ω , de manière à faire disparaître ses principaux inconvénients, c'est-à-dire à dispenser de l'emploi des longrines, à augmenter sa durée et à permettre la libre dilatation. Pour cela, il modifia la forme du rail en Ω , en redressant ses pieds et en les allongeant de manière à lui donner assez de stabilité pour être posé directement sur le ballast. En outre, il remplaça les traverses par des fers à T posés comme entretoises, de manière à maintenir l'écartement de

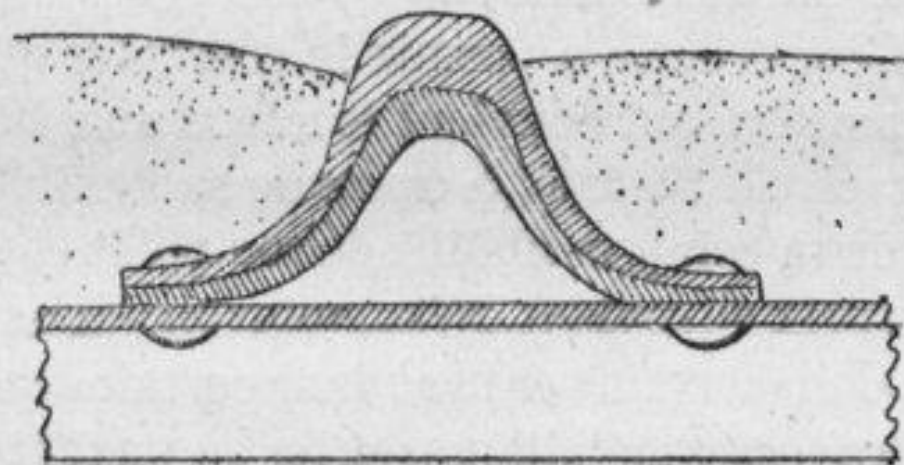


Fig. 29.

la voie (fig. 29). Toutefois il était nécessaire, avant la pose du rail, de tasser du ballast graveleux à l'emplacement qu'il devait occuper, de manière à former une aire solide et résistante.

Pour permettre la libre dilatation du rail, Barlow avait enfoui ses rails presque entièrement dans le ballast, de manière à les rendre peu sensibles aux variations de la température. Ce procédé lui avait permis d'employer le couvre-joint métallique avec rivets posés à chaud.

Ce rail avait l'inconvénient de s'écraser et de se dessouder au sommet, sous l'influence de charges un peu fortes ; il était de plus en fer laminé et fabriqué dans des conditions passablement défectueuses. On aima mieux l'abandonner que de chercher à faire disparaître ces inconvénients.

Supports.

23. Nous avons dit, au commencement de ce chapitre, que les rails ne pouvaient être placés directement sur le sol, mais qu'ils devaient être posés et fixés sur des supports maintenant leur stabilité ainsi que leur écartement. Nous avons dit aussi que ces supports pouvaient être de différentes espèces, et placés, soit transversalement, comme les traverses, soit longitudinalement, comme les longrines, soit en des points isolés, mais suffisamment rapprochés, comme les dés en pierre ou en maçonnerie.

24. Traverses. — Les supports les plus généralement employés sont les traverses, et ce sont les premiers que nous allons étudier. Nous ne ferons que décrire sommairement les autres.

L'expérience a permis de constater que la matière qui convient le mieux aux traverses, c'est le bois, à cause de sa flexibilité, de sa compressibilité, de son poids et de son prix de revient. Néanmoins on fait usage, dans certains pays et dans certains cas, de traverses métalliques en fer ou en fonte.

25. Essences de bois. — Toutes les essences de bois ne sont pas également convenables pour les traverses. Les meilleures sont le chêne et le hêtre. A défaut, on peut employer encore le sapin, le pin, le charme et le mélèze.

26. Forme. — Les traverses présentent une section demi-circulaire ou rectangulaire. La première est celle que présente le bois simplement refendur; mais, dans ce cas, la traverse contient une certaine quantité d'aubier qui pourrirait rapidement sous l'influence de l'air et de l'humidité. Il est alors nécessaire de la préserver des agents destructeurs par des procédés spéciaux de conservation que nous décrirons plus loin. La forme rectangulaire est réservée exclusivement aux traverses en chêne équarri, qui, étant alors débarrassées de leur aubier, n'ont pas besoin de subir les préparations des autres essences.

Préparations conservatoires.

27. Les préparations qu'on fait subir aux traverses dans le but de prolonger leur durée, sont de deux sortes :

1° Expulsion de la sève;

2° Neutralisation des éléments putrescibles au moyen de substances appelées antiseptiques.

L'expulsion de la sève peut se faire par dessiccation naturelle, sous des hangars couverts et bien aérés, dans lesquels les traverses sont empilées de manière à laisser entre elles des intervalles pour la circulation de l'air.

On peut également expulser la sève par l'un des procédés indiqués au *Cours de construction*, c'est-à-dire par la vapeur d'eau qui vient se substituer à la première et dont on se débarrasse ensuite facilement par la dessiccation.

Pour empêcher les traverses de se pourrir rapidement dans la terre, on les imprègne généralement d'une substance préservatrice. Ce procédé, appelé *injection*, est décrit dans le *Cours de construction* (1).

Les antiseptiques les plus employés sont le sulfate de cuivre, la créosote et le sublimé corrosif.

Le sulfate de cuivre est d'un emploi très facile, mais il a l'inconvénient d'oxyder les attaches qui retiennent les rails sur les traverses, de sorte qu'on est obligé d'employer des attaches en fer galvanisé. Moyennant cette précaution, on obtient de bons résultats; aussi le sulfate de cuivre est l'antiseptique le plus employé en France.

La créosote est une espèce d'huile provenant de la distillation de la houille, et qui doit ses propriétés antiseptiques à l'acide phénique qu'elle renferme. Son inconvénient est de se laisser absorber en très grande quantité par les traverses en

(1) *Cours de Construction*, par G. Oslet, ingénieur. E. Lainé et C^{ie}, éditeurs, 25, rue de Grenelle, Paris.

bois tendre (60 à 70 litres par traverse), de sorte qu'elle ne convient qu'aux bois durs, aux traverses de chêne, qui en absorbent environ 8 litres par pièce.

Le sublimé corrosif est aussi un excellent antiseptique, mais son application présente du danger et exige beaucoup de précautions ; aussi est-il très peu employé.

L'injection des traverses prolonge leur durée dans des proportions notables, surtout pour les essences de bois tendre, qui absorbent davantage de substance antiseptique. Ainsi, par exemple, une traverse en chêne, dont la durée moyenne est de 15 ans, sans avoir subi de préparation, peut rester en service pendant 22 ans. Après avoir été injectée dans les mêmes conditions, la durée de la traverse en sapin est portée de 7 à 14 ans ; celle du hêtre de 3 à 10 ans.

28. Dimensions. — La longueur de la traverse doit être beaucoup plus grande que la largeur de la voie, afin d'assurer la stabilité de celle-ci. Cette dimension varie de 2^m,50 à 2^m,75 pour une voie ayant 1^m,45 d'écartement entre les rails.

La largeur des traverses doit être suffisante pour répartir la charge sur une certaine surface, de manière que le ballast offre une base suffisante pour résister à

la compression. Cette largeur ne doit pas non plus être trop grande, pour que les traverses ne soient pas trop difficiles à bourrer. Elle varie de 0,20 à 0,26 centimètres pour les traverses intermédiaires et de 0,26 à 0,36 pour les traverses de joint, selon que ces pièces de bois sont équarries ou non. Enfin l'épaisseur des traverses doit être assez grande pour que la pièce de bois ne soit pas trop fragile et pour qu'on puisse y fixer les appareils qui relient les rails aux traverses. Cette épaisseur varie de 0,12 à 0,16 pour les traverses intermédiaires, et de 0,16 à 0,18 pour les traverses de joint, suivant les essences de bois et suivant que les traverses sont équarries ou non.

29. Espacement des traverses. — Les rails ont une longueur de 5^m,50 à 8 mètres, et reposent sur 6 à 8 traverses, suivant leur longueur et l'importance de la ligne. Leur espacement moyen est de un mètre environ ; mais on conçoit facilement qu'il est plus considérable entre les traverses supportant le milieu du rail, qu'entre celles des extrémités qu'on doit à tout prix empêcher de fléchir d'une façon notable.

Voici, du reste, les dispositions adoptées par les différentes compagnies françaises des chemins de fer.

COMPAGNIE DE L'EST.

Rails à patin avec joints appuyés.

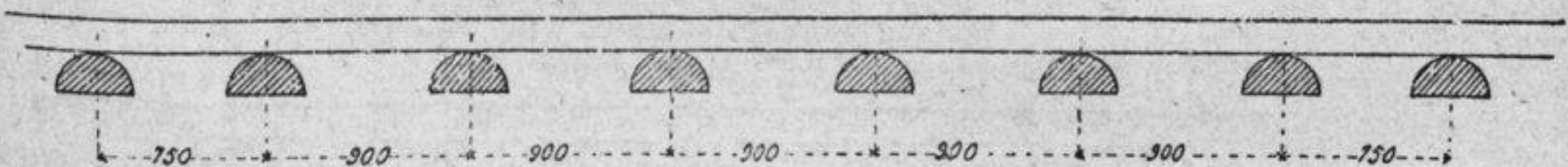


Fig. 30.

Lignes principales (fig. 30).

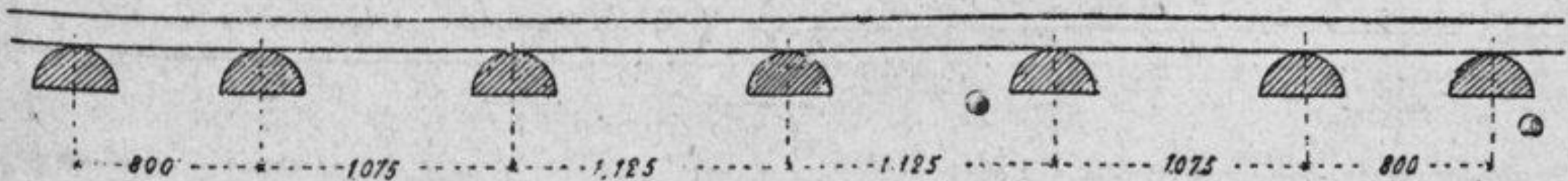


Fig. 31.

Lignes secondaires (fig. 31).

COMPAGNIE DE L'OUEST.

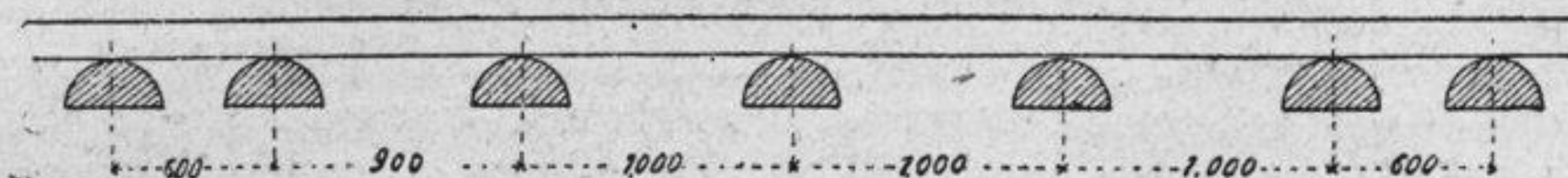
Rail à double champignon et joints appuyés.

Fig. 32.

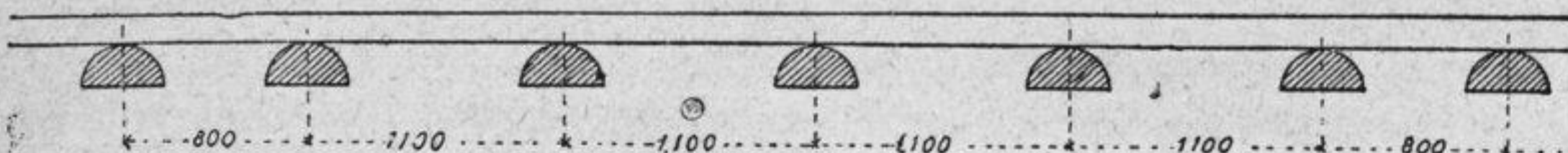
Lignes principales (fig. 32)

Fig. 33.

Lignes secondaires (fig. 33).

COMPAGNIE DU NORD.

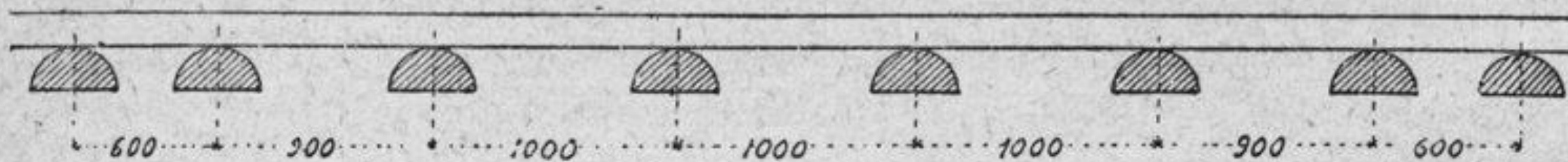
Rail à patin de 6 mètres, en fer ou en acier, avec joints appuyés (fig. 34).

Fig. 34.

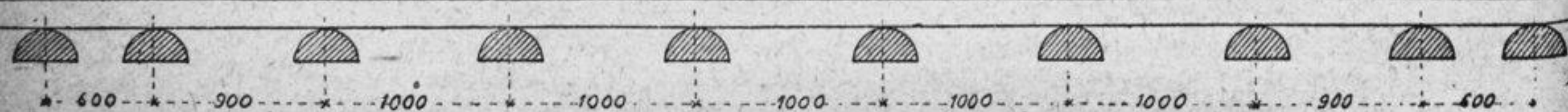


Fig. 35.

Rail à patin en acier, de 8 mètres, avec joints appuyés (fig. 35).

COMPAGNIE PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE.

Rail à patin en fer avec joints appuyés (fig. 36).

Fig. 36.

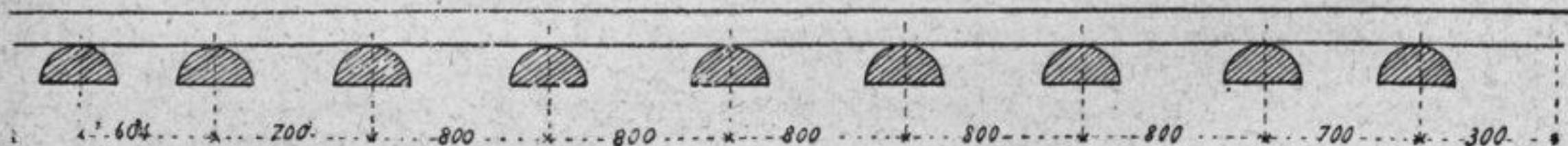
Rail à patin en acier avec joints suspendus.

Fig. 37.

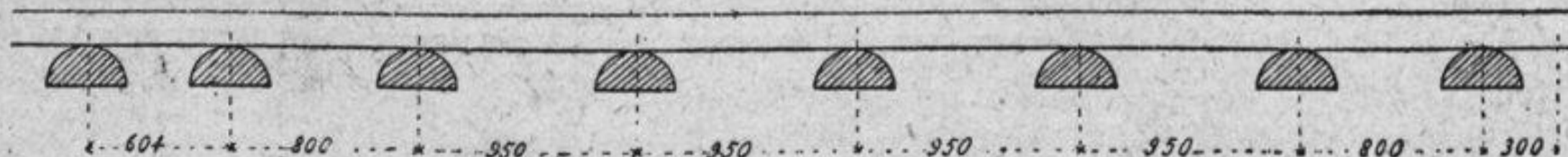


Fig. 38.

*Lignes principales (fig. 37).**Lignes secondaires (fig. 38).*

COMPAGNIE DU MIDI.

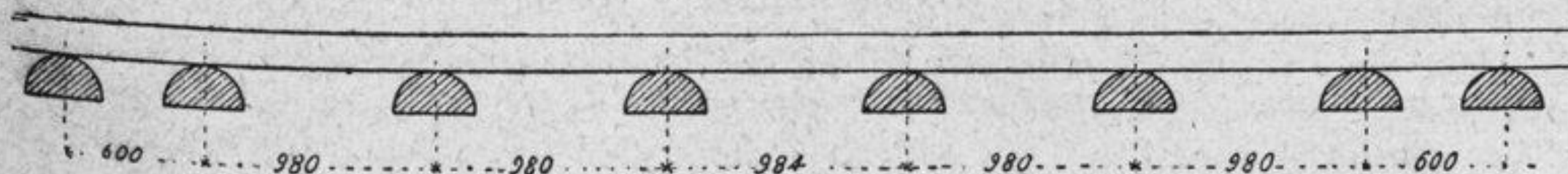
Rail à double champignon avec joints suspendus (fig. 39).

Fig. 39.

COMPAGNIE D'ORLÉANS.

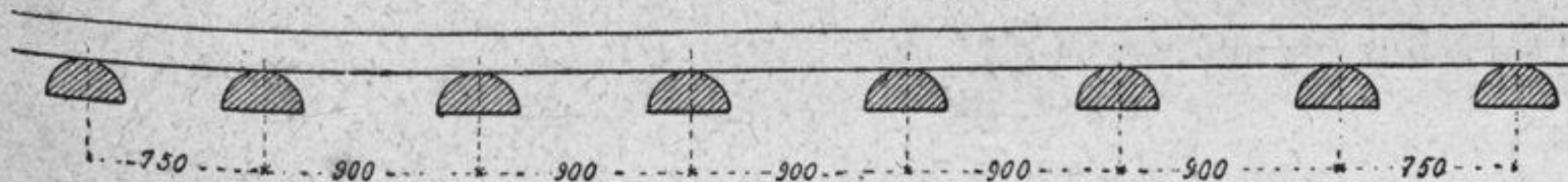
Rail à patin avec joints appuyés (fig. 40).

Fig. 336.

30. Traverses métalliques. — Dans certains pays où le bois est rare et dure peu, ou bien encore où le climat est brûlant, comme dans l'Inde et en Égypte, on a été conduit à remplacer les traverses en bois, soit par des traverses métalliques, soit par des supports métalliques appelés plateaux-coussinets, soit en faisant un rail d'une forme particulière et reposant directement sur le ballast.

Les conditions à remplir par une traverse métallique sont les suivantes :

1° Le profil transversal doit être suffisant pour résister à la flexion, la traverse étant posée sur le ballast ; 2° la base d'appui de la traverse sur le ballast, doit présenter une surface assez grande, de

manière à répartir la pression sur une large étendue et à empêcher la traverse de s'enfoncer ; 3° elle ne doit pas pouvoir être déplacée longitudinalement sous la poussée des mentonnets des roues ; 4° elle doit avoir une masse suffisante pour limiter les effets des chocs, tout en étant assez légère pour ne pas coûter trop cher ; 5° son assemblage avec les rails doit être très solide.

Des essais fort sérieux ont été faits en France sur ce genre de traverses, notamment par la Compagnie de l'Est et par la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée.

Les essais faits, par la Compagnie de l'Est ont abouti à l'invention d'une traverse cintrée (fig. 41.)

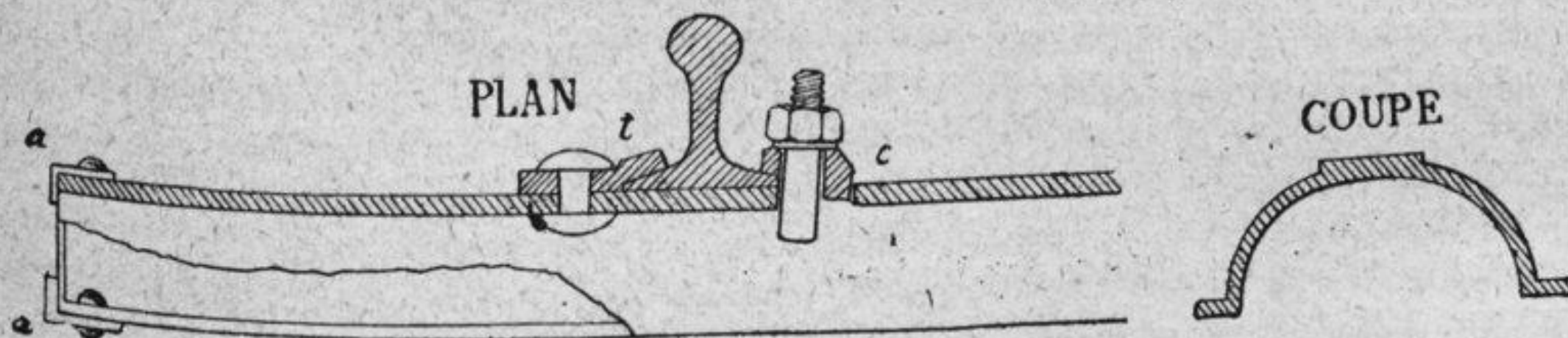


Fig. 41.

Le profil de cette traverse réunit les conditions indiquées plus haut, mais à condition que le ballast en cet endroit soit un gravier un peu argileux, de manière

à remplir, après bourrage, le creux de la traverse, à former corps avec celle-ci et à suppléer ainsi, jusqu'à un certain point son défaut de masse.

Pour éviter le déplacement longitudinal de la traverse, on avait fixé aux extrémités une feuille de tôle fixée par des agrafes *aa*.

Pour simplifier l'assemblage de la traverse avec le rail, on avait imaginé de cintrer cette première de manière à lui faire donner l'inclinaison voulue; mais cette disposition eut pour résultat de faire déverser la traverse, et on dut la rejeter.

Le rail était fixé sur la traverse, à l'intérieur par un crapaud en fonte boulonné *c*, et à l'extérieur par une agrafe rivée *b*.

Les essais de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée aboutirent à l'invention d'une traverse droite dite type de Fraisans (*fig. 42*).

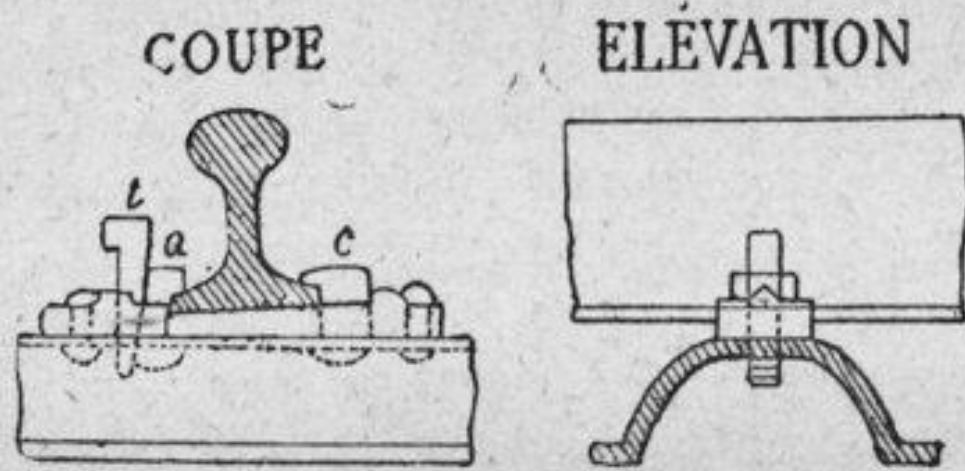


Fig. 42.

Ce rail est fixé sur la traverse, du côté intérieur par une espèce de crampon *a* maintenu en place par une clavette *b* fortement serrée, et du côté extérieur par un rivet *c* à tête très large.

L'inclinaison du rail était obtenue, non pas par le cintrage, mais par une platine *d* fixée d'avance au support, et qui assurait en même temps la solidité des attaches.

Ces traverses droites présentaient à peu près les mêmes inconvénients que les traverses cintrées, et on n'essaya pas de les améliorer, parce que leur prix de revient était beaucoup plus élevé que celui des traverses en bois, et leur entretien beaucoup plus coûteux, par suite de la rupture fréquente des attaches et de la déformation des traverses.

Cette étude est abandonnée pour le moment, mais elle serait certainement re-

prise et menée à bonne fin si le prix des traverses en bois venait à s'élever, ou si le fer venait à baisser de manière à rendre son emploi plus économique.

Plateaux coussinets.

30. Dans ce système, qui est appliqué dans les pays très chauds, les traverses sont remplacées par deux supports *S* (*fig. 43*)

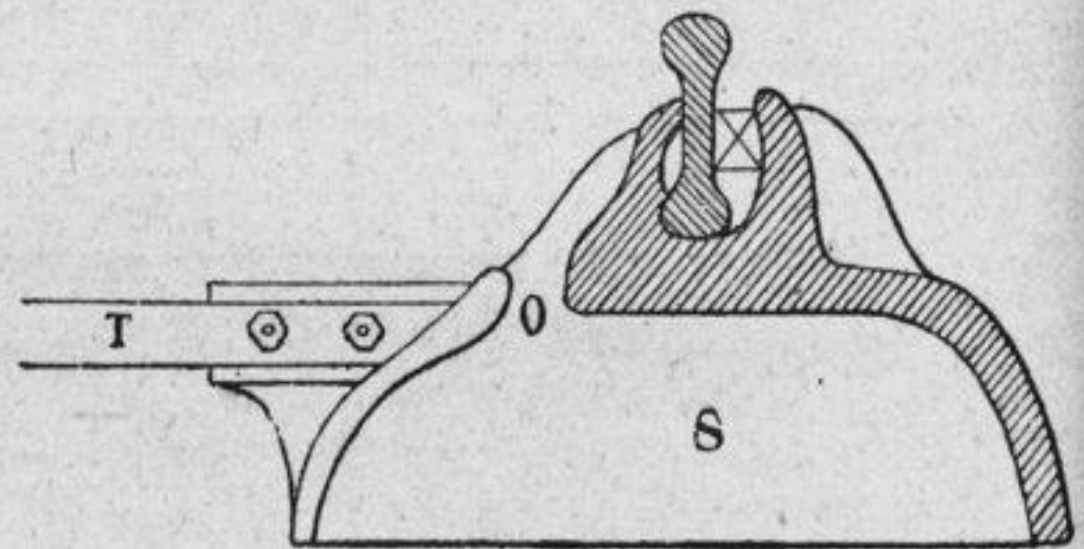


Fig. 43.

reliés par un tirant *T*, qui sert à maintenir l'inclinaison et l'écartement des rails.

Les supports sont en fonte et ont la forme de cloche; ils se terminent par un coussinet à la partie supérieure, car le rail usité dans ces sortes de voies est à double champignon; mais il serait facile de disposer cet appareil pour recevoir le rail à patin. Un orifice *O* sert à bourrer le ballast.

Le tirant est une barre rigide en fer, placée de champ.

Les inconvénients de cette voie sont : 1° d'exiger un ballast argileux formant pelote sous la cloche afin d'assurer la stabilité; 2° d'exiger la construction de murettes pour empêcher ce ballast d'être entraîné par les eaux; 3° de coûter beaucoup plus cher que la voie à traverses en bois ou même en fer.

Néanmoins, ce genre de supports est conservé dans les pays au climat brûlant, tels que l'Egypte, l'Inde anglaise, la République argentine, parce que les traverses en bois n'y conviendraient nullement, et que les essais faits avec les traverses en fer ne sont pas suffisamment satisfaisants pour qu'on les adopte.

Rails reposant directement sur le ballast.

31. Rail Hartwich. — Nous avons déjà décrit un premier type de ce système en parlant du rail Barlow, affectant la forme d'un Π , et nous avons dit que ce qui avait fait rejeter ce rail, c'étaient les défauts inhérents à son profil et à sa fabrication.

Un autre ingénieur, nommé Hartwich, reprit l'idée de Barlow, de faire reposer directement le rail sur le ballast, mais en substituant le rail à patin au rail en Π .

Toutefois le rail à patin, avec ses dimensions habituelles, manque de rigidité pour être employé sans traverses ; Hartwich le modifia en doublant sa hauteur, en élargissant sa base, et en l'enfonçant dans le ballast jusqu'au-dessous du champignon. (fig. 44). Cette dernière opération a encore

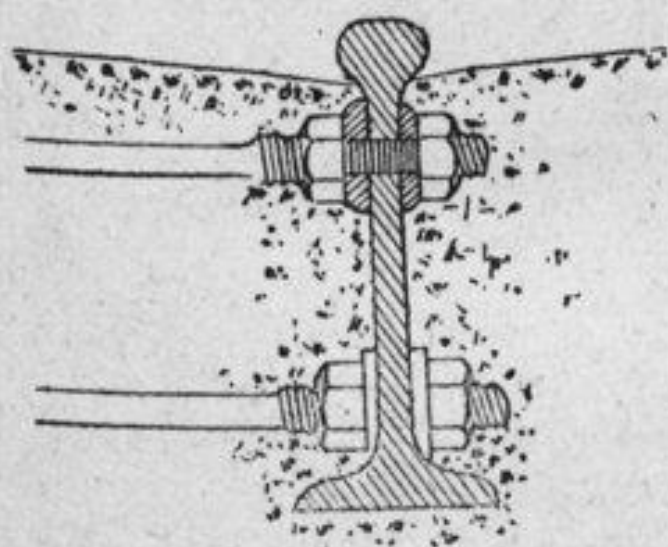


Fig. 44.

pour but d'empêcher le rail de se dilater dans des proportions notables, et par suite de faciliter la consolidation des joints.

L'écartement des rails et leur stabilité étaient assurés au moyen de deux entretoises en fer rond, filetées à leurs extrémités pour recevoir des écrous emprisonnant le rail à l'intérieur et à l'extérieur. Les écrous de l'entretoise inférieure étaient plus éloignés de l'axe de la voie que ceux de l'entretoise supérieure, de manière à incliner légèrement le rail à l'intérieur.

La consolidation des joints se faisait par des éclisses, comme dans le rail à patin, et par une plaque reliée au patin par des boulons.

Enfin, il n'était pas nécessaire d'avoir du ballast sur toute la longueur de la voie, comme cela a lieu pour les voies à traverses, mais simplement dans deux tranchées longitudinales de 0^m,50 de largeur ; de plus ce ballast pouvait, consister simplement en pierres concassées, au lieu de sable argileux, qui est beaucoup plus coûteux.

Le rail Hartwich a été essayé en France par la Compagnie de l'Est, et on y a constaté les inconvénients suivants :

1° Les entretoises cylindriques n'ont pas assez de rigidité et se cintrent vers leur milieu, en détruisant ainsi l'écartement des rails et leur inclinaison primitive.

2° Le rail s'enfonce dans les terrains humides ; on est obligé d'y remédier par un drainage transversal à la voie ; ce qui constitue un travail onéreux, et qui absorbe l'économie réalisée sur le ballast.

3° La résistance au déplacement longitudinal du rail n'est pas suffisante.

On a en partie remédié à ces inconvénients en diminuant le nombre des entretoises, qui était de 5 et en les réduisant à 3 avec une section rectangulaire beaucoup plus forte (fig. 45), ce qui augmente

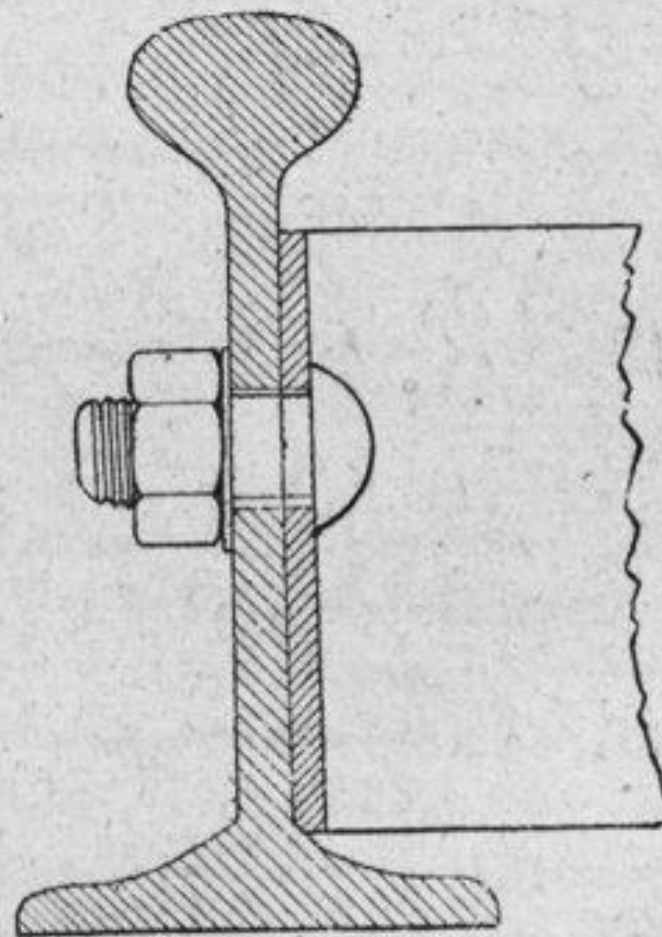


Fig. 45.

la rigidité et empêche l'entraînement longitudinal du rail ; de plus, pour s'opposer à l'enfoncement du rail dans le ballast, on

a augmenté la surface d'appui en ajoutant une plaque au patin à l'endroit de chaque joint.

Ces modifications ont augmenté le prix de revient de la voie, et l'ont rendu plus élevé que celui de la voie sur traverses ; c'est pourquoi ce système a été abandonné ; toutefois l'idée en elle-même a du bon, car il y a évidemment un avantage sérieux à supprimer tout intermédiaire entre le rail et le ballast ; il est possible qu'elle soit reprise et expérimentée de nouveau si

l'écart de prix entre le bois et le fer devient moins considérable.

32. Rail Hilf (fig. 46). — Il a la forme d'un rail à patin A de 0,11 de hauteur, 0,058 de longueur de champignon, et 0,083 de patin ; sa longueur est de 9 mètres et son poids par mètre courant de 25^k,800. Il est boulonné sur une large longrine B, présentant trois nervures destinées à donner à la fois de la raideur et de la butée.

Les longrines s'appuient aux joints sur

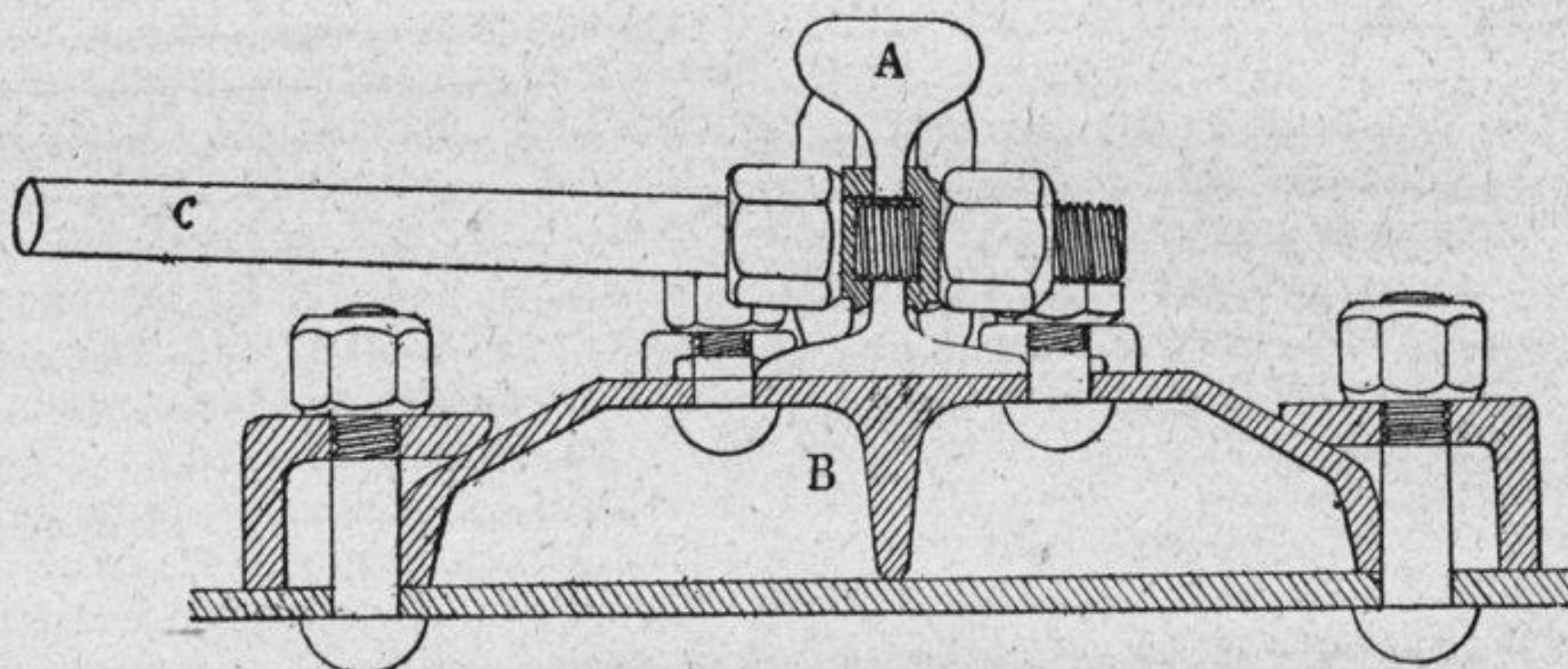


Fig. 46.

des traverses cintrées de manière à donner aux rails l'inclinaison de $\frac{1}{20}$. Nous donnons ci-dessous (fig. 47), le profil d'une de ces



Fig. 47.

traverses, dont le poids est de 19^k,700, au mètre courant.

Les joints des rails sont réunis par des éclisses à quatre boulons ; et la liaison des deux fils de rails est complétée par un tirant en fer rond c (fig. 46), fixé au milieu de la portée.

Ce système de voie est employé actuellement dans une assez grande proportion sur les chemins de fer d'Alsace-Lorraine.

33. Voies sur dés. — Dans les pre-

miers chemins de fer qui furent construits, les rails reposaient sur des dés en pierre, placés à une certaine distance les uns des autres et disposés en diagonale pour supporter les rails sur une plus grande longueur (fig. 48).

Les inconvénients de ce support sont de ne pas maintenir l'écartement des rails aux grandes vitesses, de manquer d'élasticité, ce qui conduit à user plus rapidement le matériel ; enfin, d'être d'un prix de revient plus élevé que les traverses.

Ces inconvénients ont suffi pour faire abandonner d'une manière générale la voie sur dés, malgré l'avantage de la durée que présente cette voie.

La Bavière seule a conservé ce genre de supports, mais elle a dû pour cela diminuer la vitesse des trains et intercaler des traverses à l'endroit des joints, dans les courbes, afin de maintenir l'écartement.

Ces dés ont la forme de parallélépipèdes rectangles de 61 centimètres de côté,

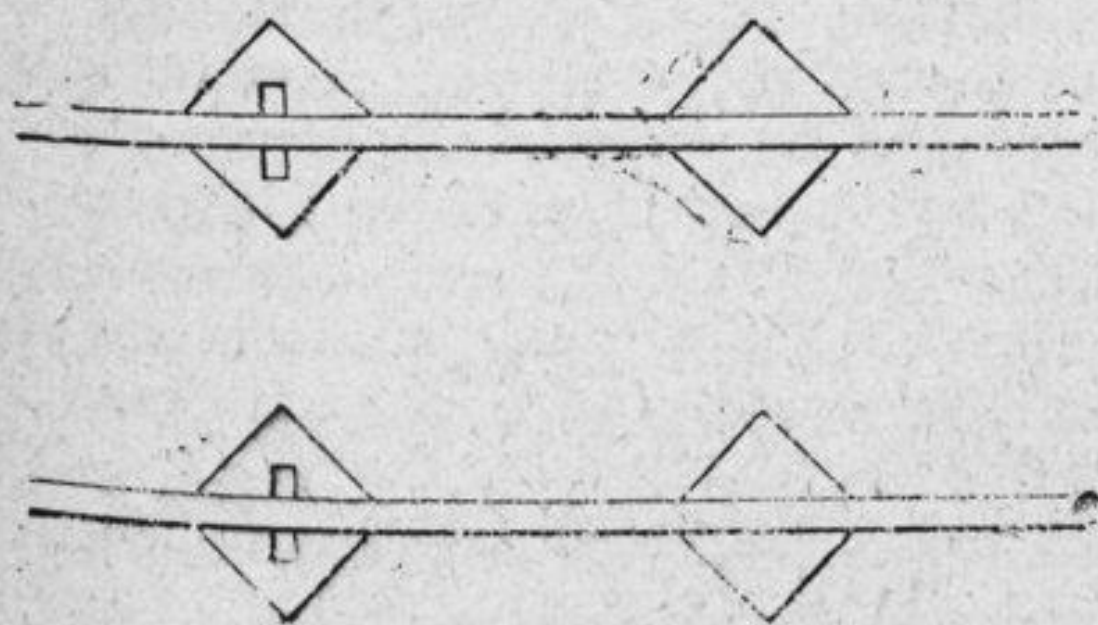


Fig. 48.

et environ 33 centimètres de hauteur (fig. 49). Pour poser les attaches qui servent à fixer les rails sur les dés, on perce dans ceux-ci deux trous que l'on remplit ensuite à moitié de goudron chaud,

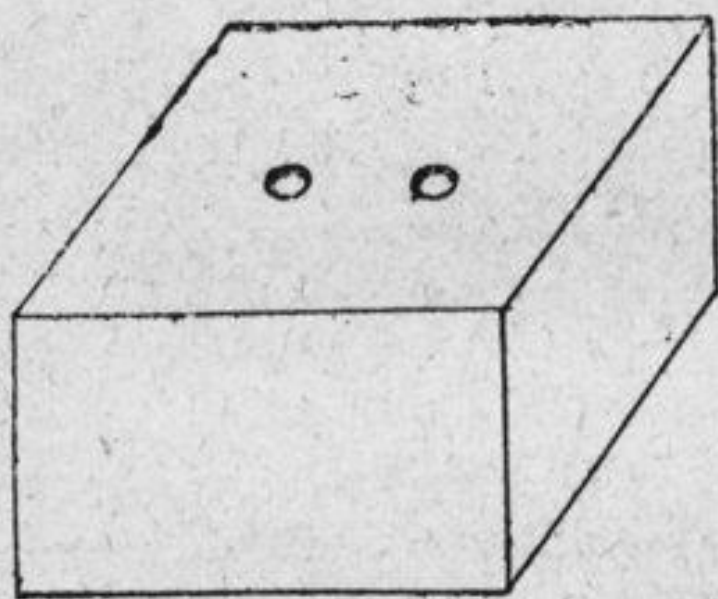


Fig. 49.

puis dans lesquels on enfonce des morceaux de bois de chêne préalablement trempés dans du goudron. C'est dans ces morceaux de chêne, que l'on plante les chevilles en fer servant d'attaches.

La Bavière possédant de nombreuses roches dures, susceptibles de fournir des dés, le prix de revient de ceux-ci n'est que de 2 fr. 50; dans ces conditions, leur emploi est plus économique que celui des traverses.

34. Comparaison des différents systèmes de supports. — D'après ce qui précède, on peut se rendre compte facilement que chaque système de support présente ses avantages et ses inconvénients, et que leur valeur relative dépend surtout de leur prix de revient, et par suite de celui des matériaux qui la composent : bois, fer ou pierre,

car avec des modifications convenables, chaque espèce de support peut remplir les conditions nécessaires.

Pour le moment, dans la plupart des pays civilisés, ce sont les traverses en bois qui offrent le plus d'avantages; mais une baisse sur le prix des fers peut amener à donner la préférence aux traverses métalliques, ou plutôt au rail entretoisé reposant directement sur le ballast; enfin, dans certains pays où la pierre se trouve facilement, la voie sur dés est la plus économique, desorte qu'il n'est pas possible de dire d'une manière absolue que tel ou tel système est le meilleur; on doit se contenter de dire qu'il est le plus avantageux dans les conditions données.

Attaches des rails.

35. Les rails ne peuvent pas être simplement posés sur les supports; ils ont besoin d'être fixés sur ces derniers au moyen d'intermédiaires, qui varient suivant la nature des rails, et aussi suivant l'espèce des supports.

Les attaches ont à remplir deux fonctions principales : 1° s'opposer au glissement transversal du rail; 2° combattre le claquement.

On appelle claquement les oscillations du rail, sous l'influence de la charge; ces oscillations varient à chaque instant pour la travée sous charge et pour ses voisines, et tendent à séparer le rail de ses appuis, pour l'y faire retomber un instant après.

Le claquement est surtout sensible aux extrémités du rail lorsqu'elles sont libres; il tend à arracher les attaches et crée bientôt entre elles et la traverse un jeu plus ou moins considérable dans la limite duquel les oscillations du rail s'exécutent et dont le résultat est la destruction locale de la traverse.

Pour les rails à double champignon, on emploie comme moyen d'attache les coussinets et les coins.

36. Coussinet. — Le coussinet est un appareil en fonte composé d'une semelle for-

mant la base et de deux oreilles d'inégale grandeur, entre lesquelles on place le rail (*fig. 8*).

La semelle est percée de deux trous placés en diagonale, et destinés à recevoir les attaches qui fixent le coussinet sur la traverse.

Ces attaches sont en fer, et sont ou bien des chevilles (*fig. 50*), ou bien des crampons (*fig. 11*), ou enfin des tirefonds (voir la *fig. 12*).



Fig. 50.

C'est ce dernier mode d'attache qui paraît le meilleur et qui est aussi le plus employé actuellement.

Le crampon et la cheville sont simplement enfoncés à coups de marteau, le tirefond est vissé dans un trou foré d'avance à l'aide d'une tarière.

37. Coin. — Pour maintenir le rail sur le coussinet on emploie un coin en bois, que l'on chasse avec force entre l'oreille extérieure et le rail, de manière à forcer ce dernier à s'appliquer exactement contre la semelle et l'oreille intérieure. Afin d'arriver le mieux possible à ce résultat, on donne au coin le profil exact de la gorge du rail et de la joue du coussinet.

Dans les lignes à voie simple, les coins sont chassés indifféremment dans un sens ou dans l'autre; mais dans les lignes à double voie les coins sont chassés dans le sens même de la marche des trains afin qu'ils tendent moins à se desserrer par suite de l'entraînement longitudinal des rails qui tendent à marcher dans le sens des trains, les traverses restant en place.

Cet entraînement longitudinal des rails avait d'abord été attribué à l'action des bandages des roues sur le rail, mais l'expérience fit bientôt constater que l'on devait

attribuer cet inconvénient à une autre cause.

En effet, lors du passage d'une roue sur l'extrémité d'un rail, le poids du véhicule comprime ce rail, déverse d'une quantité très petite la traverse et par suite soulève l'extrémité du rail suivant, qui présente alors un ressaut très petit, mais qui offre une légère résistance à la roue, et est par suite poussé en avant. Cette action se continuant successivement sur chaque rail, il en résulte un mouvement d'entraînement dans le sens de la marche du train (*fig. 51*).

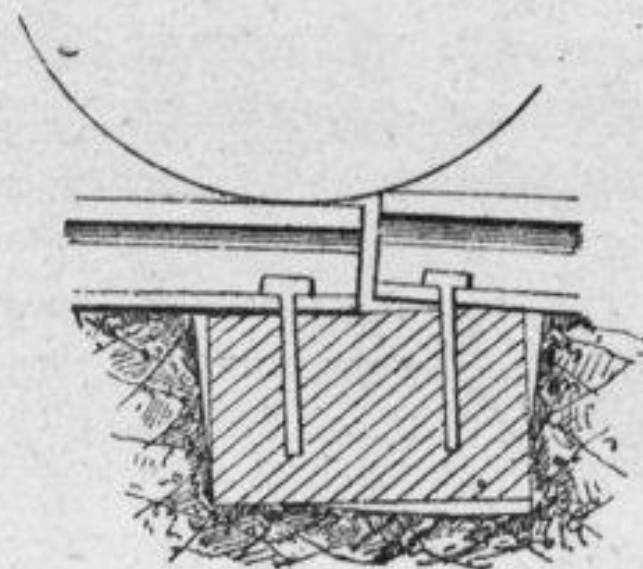


Fig. 51.

Cet inconvénient s'aggrave encore dans le voisinage des gares où l'action des freins s'ajoute à la précédente pour produire l'entraînement en avant, et dans les courbes où l'action du mentonnet de la roue antérieure vient agir sur le rail extérieur et le mentonnet de la roue d'arrière sur le rail intérieur (*fig. 52*).

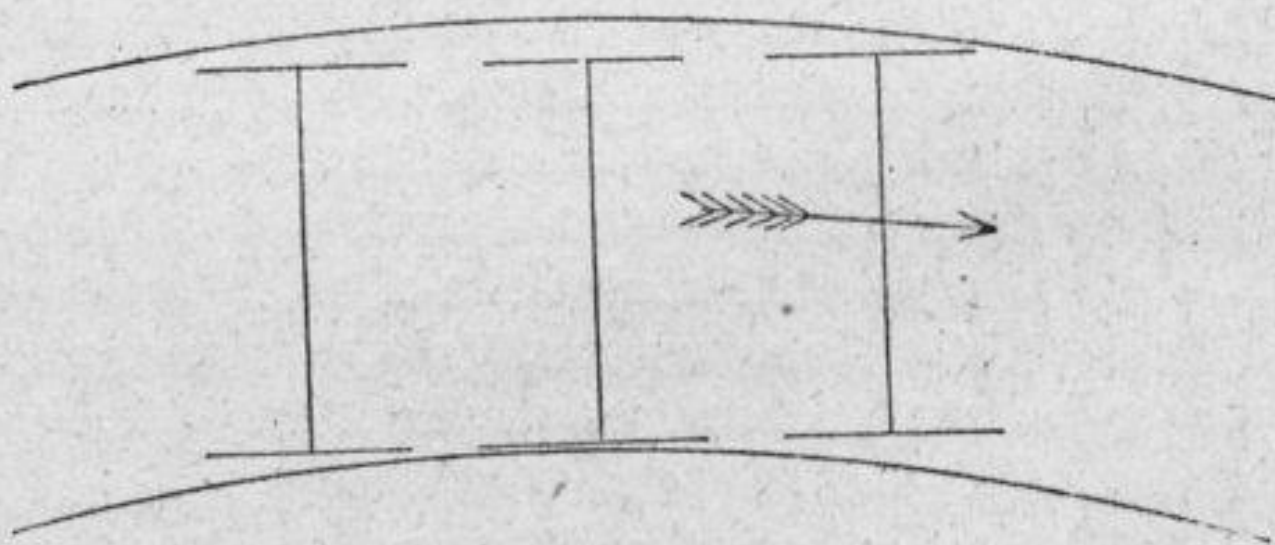


Fig. 52.

On combat cet entraînement des rails, dans la voie à double champignon soit par l'emploi d'un goujon d'arrêt qui bute contre la joue intérieure d'un coussinet (*fig. 53*), soit par l'éclissage.

38. Éclisses. — Les éclisses sont des plaques en fer que l'on applique fortement contre les rails, à l'endroit des joints, par quatre boulons qui traversent les premiers (fig. 54).

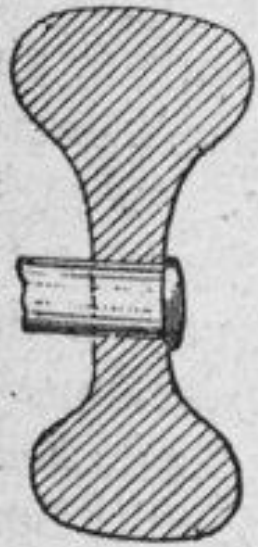
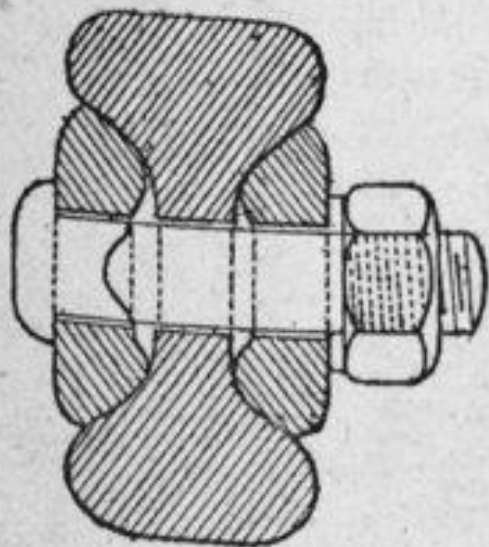


Fig. 53.

Ces éclisses ont pour but de réunir les rails les uns aux autres et d'en former une file continue dans le sens longitudinal, ce qui offre de notables avantages, notamment celui de mieux

répartir les pressions, et d'empêcher la

COUPE



ÉLÉVATION

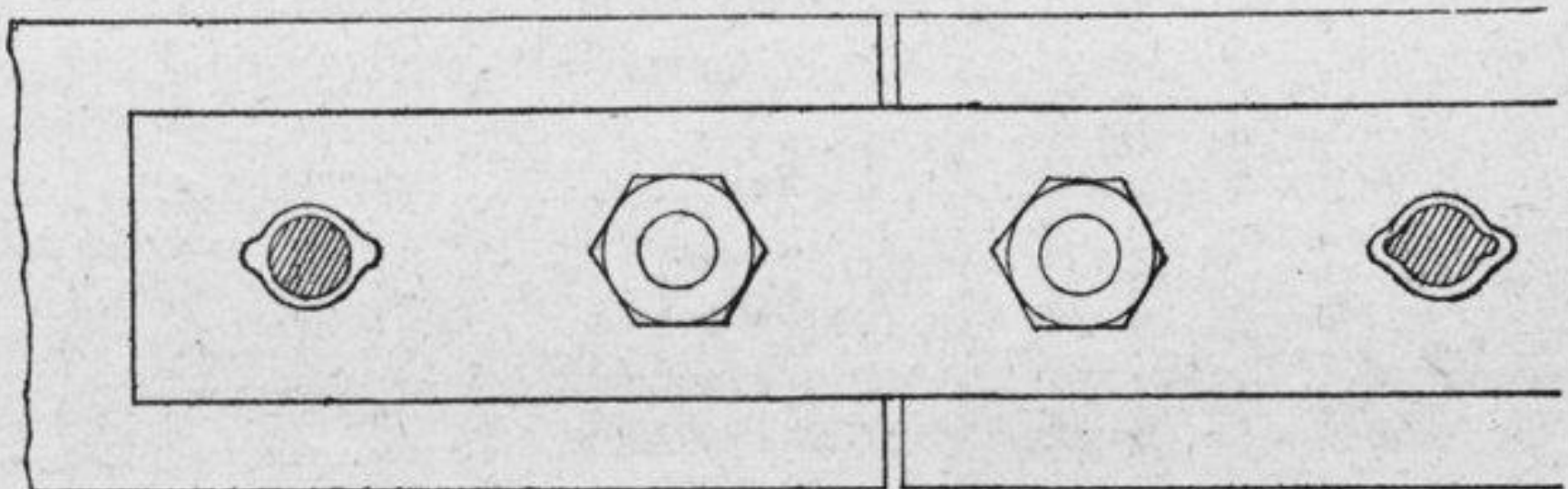


Fig. 54.

0^m,50 de longueur, 0^m,08 de hauteur, et 0^m,02 d'épaisseur; l'espacement des deux trous du milieu est de 0^m,10 ou 0^m,15; les autres sont à 0^m,10 du précédent.

Il importait aussi que ce mode d'assemblage ne gênât pas la dilatation des rails sous l'influence de la température; pour arriver à ce résultat, on a agrandi le trou du boulon de manière à le rendre ovale dans le sens longitudinal; de cette façon, la dilatation s'opère par un glissement le long de l'éclisse, sans que la solidarité de flexion de celui-ci avec le rail soit altérée. Le trou du boulon doit, d'ailleurs, présenter du jeu dans tous les sens afin que jamais le rail ne puisse le toucher, car le boulon ne doit agir que par traction.

39. Coussinets-Éclisses. — L'éclissage des rails à double champignon au moyen d'éclisses plates n'est possible qu'en posant les joints en porte-à-faux.

Lorsqu'on employait la pose à joints

formation des ressauts qui occasionnent l'entraînement longitudinal des rails. En effet, sous l'action de la charge, elles reçoivent du champignon des pressions qui les font fléchir en même temps que le rail.

Pour faciliter le serrage des écrous, on empêche la tête du boulon de tourner, soit en la maintenant au moyen d'une cannelure pratiquée dans l'éclisse extérieure, soit en ménageant de chaque côté des trous de boulon, des encoches dans lesquelles s'engagent des ergots qui portent les boulons.

Les éclisses ont généralement 0^m,45 à

appuyés, on éclissait les rails à double champignon au moyen de coussinets-éclisses dont la forme n'est autre chose que l'éclisse prolongée et renforcée par une semelle, comme l'indique la figure ci-dessous (fig. 55).

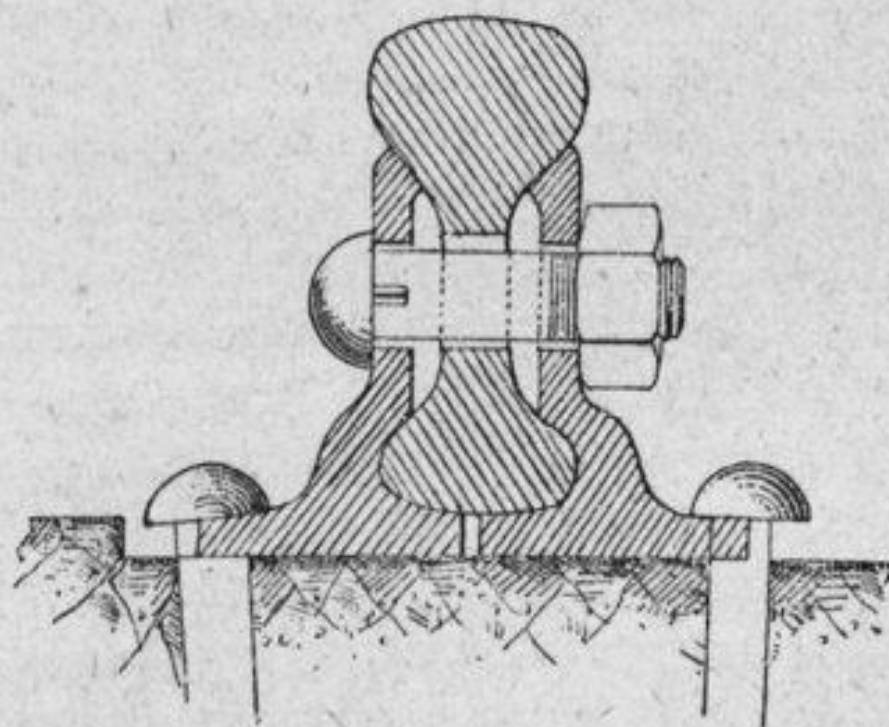


Fig. 55.

Le coussinet-éclisse présente l'avantage de réduire considérablement la tension

des boulons. En effet, d'une part, la charge se répartit ainsi entre les portées supérieures et les semelles, et comme celles-ci sont normales au rail, elles ne donnent lieu à aucune poussée, et de l'autre, la poussée qui s'exerce sur les portées supérieures est combattue partie par la tension des boulons, et partie par le frottement de la semelle sur la traverse et, au besoin par les attaches elles-mêmes. Aussi les boulons des coussinets-éclisses sont-ils habituellement moins forts que ceux des éclisses.

40. Eclisses-Cornières. — Au lieu des coussinets-éclisses, les Allemands emploient, dans le même but, un appareil appelé éclisse-cornière. On l'obtient en prolongeant l'éclisse jusqu'au bas du rail, et en lui donnant une large base, par laquelle des boulons la fixent à la traverse (fig. 56).

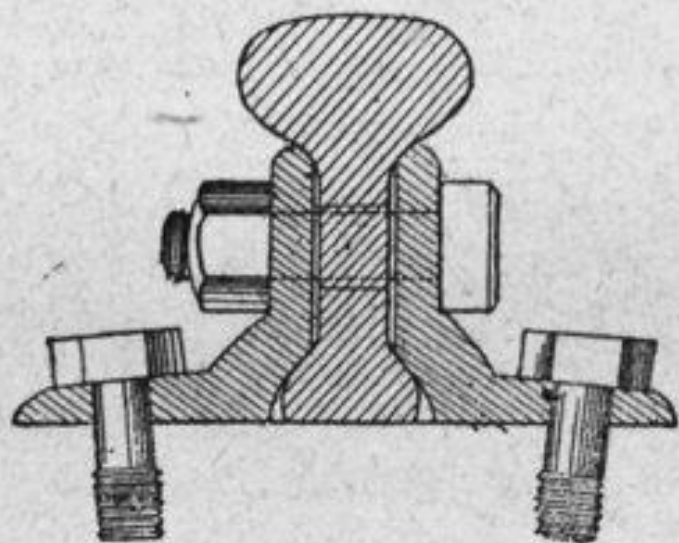


Fig. 56.

41. Attaches des rails à patin. — Le rail à patin est fixé sur des traverses au moyen de crampons ou de tirefonds; en Allemagne, on applique même les boulons aux joints.

Les attaches doivent avoir une forme, une longueur et une section transversale suffisantes pour s'opposer à l'arrachement et au renversement.

Les Compagnies françaises du Nord et de l'Est font exclusivement usage du crampon; celle de Lyon préfère le tirefond; et chacune d'elles prétend avoir adopté le meilleur mode d'attache. On a pourtant remarqué que le crampon n'est avantageux qu'avec les traverses en bois dur,

tandis que le tirefond convient à toutes les essences.

Les attaches sont appliquées, quelques-unes à l'intérieur du patin, mais la plus grande partie à l'extérieur, et enfoncées normalement dans la traverse.

Il y aurait avantage à appliquer toutes les attaches à l'extérieur du rail à patin, mais on a dû en placer quelques-unes à l'intérieur pour créer des arrêts destinés à combattre l'entraînement longitudinal du rail, dont il a été question précédemment.

Cet inconvénient est en outre combattu : 1° par l'éclissage, qui, rendant les deux rails solidaires, atténue, en grande partie la dénivellation ; 2° par des encoches pratiquées dans le patin et dans lesquelles on engage les attaches (fig. 57) ; 3° par

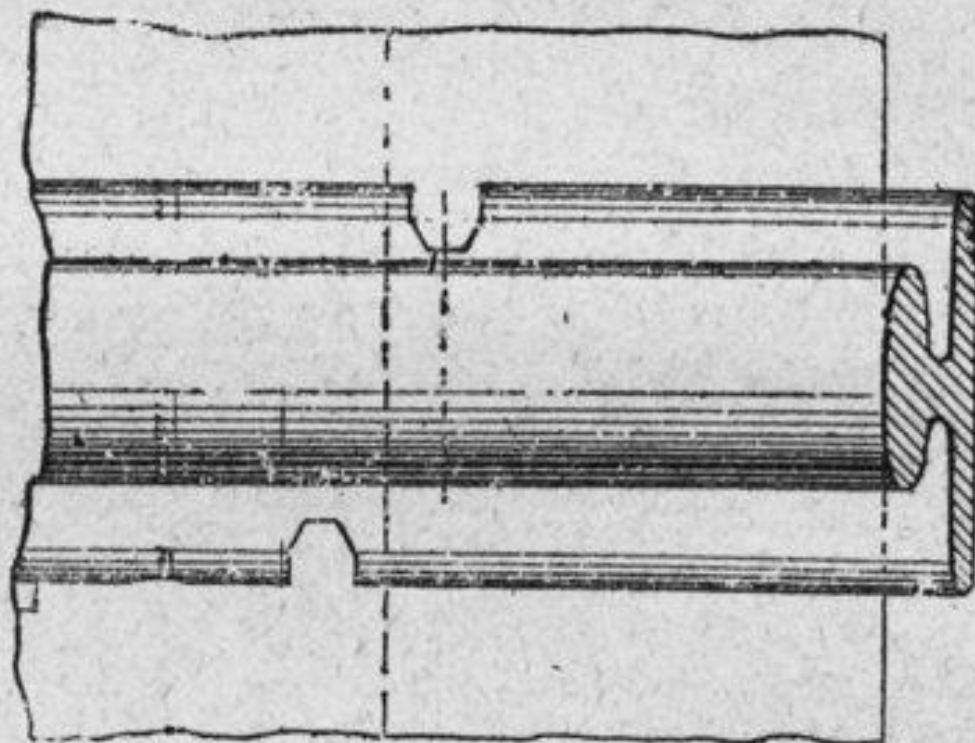


Fig. 57.

des coins d'arrêt appliqués dans deux petites entailles ménagées dans le patin au

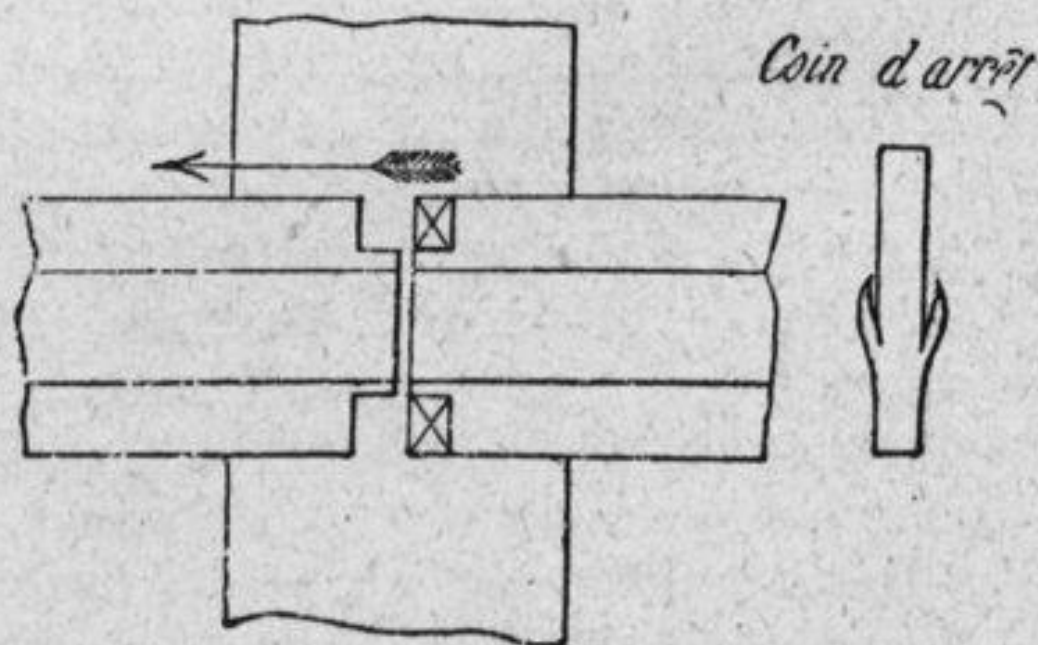


Fig. 58.

bout d'aval de chaque rail (fig. 58) ; 4° par des chevillettes qui s'engagent dans des

trous percés dans le patin (*fig. 59*) ; toutefois cette dernière disposition a l'inconvénient d'obliger à élargir le rail.

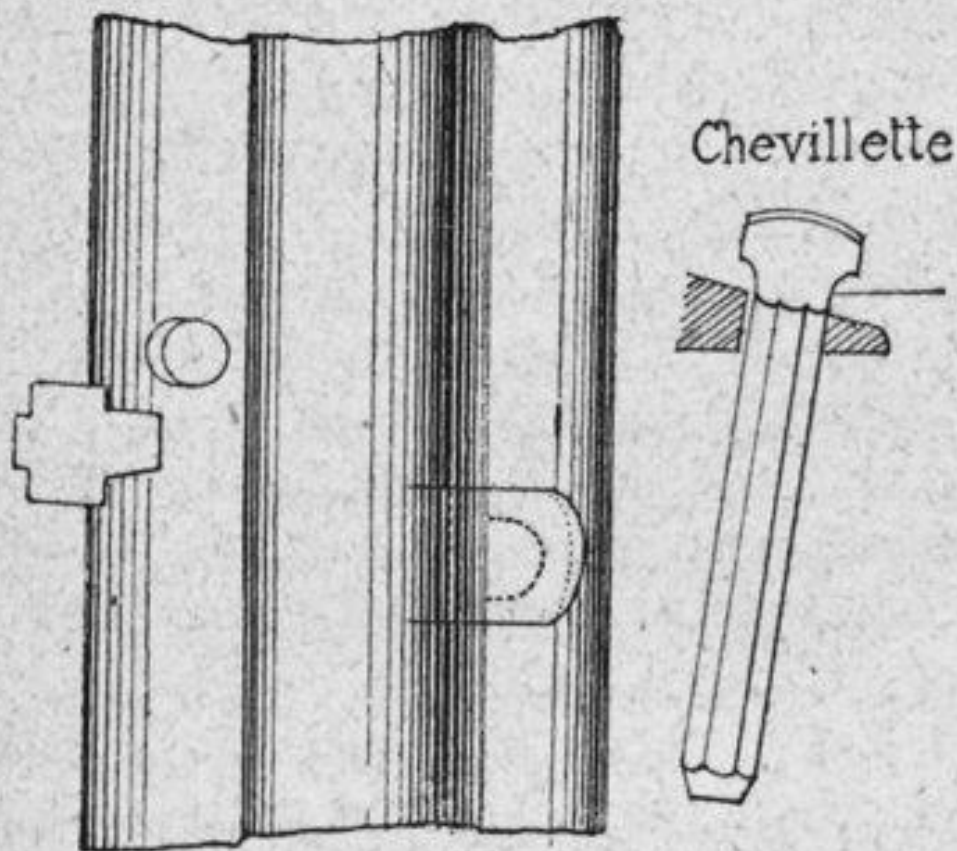


Fig. 59.

De ces quatre moyens, un seul est généralement employé, c'est l'éclissage, qui supprime la discontinuité au joint, répartit sur une plus grande longueur les vibrations dues au mouvement de la charge, et diminue, par suite, l'intensité en chaque point.

La Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée emploie, pour les rails en fer, le sys-

tème à encoches, et pour le rail en acier, le système à chevilletes ; la Compagnie du Nord emploie les coins d'arrêt.

42. Sellettes ou platines. — Pour préserver les traverses de joint, on emploie généralement une platine ou sellette, au travers de laquelle on met les attaches. Ces platines procurent en outre l'avantage d'enchâsser exactement les deux extrémités du patin et de rendre les attaches intérieures et extérieures solidaires pour la résistance au glissement horizontal du rail. Ce dernier avantage est surtout important pour les courbes.

Dans la voie avec rail à patin, les éclisses sont reliées au rail par trois ou quatre boulons.

L'emploi de trois boulons paraît être moins avantageux que celui de quatre boulons, car il affaiblit la partie la plus fatiguée des éclisses et permet aux bouts des rails de fléchir verticalement et de dissimuler ainsi le ressaut qu'ils peuvent former. Aussi les éclisses à quatre boulons sont-elles de beaucoup les plus répandues (*fig. 60*).

Les écrous des boulons sont généralement placés à l'intérieur de la voie, afin de

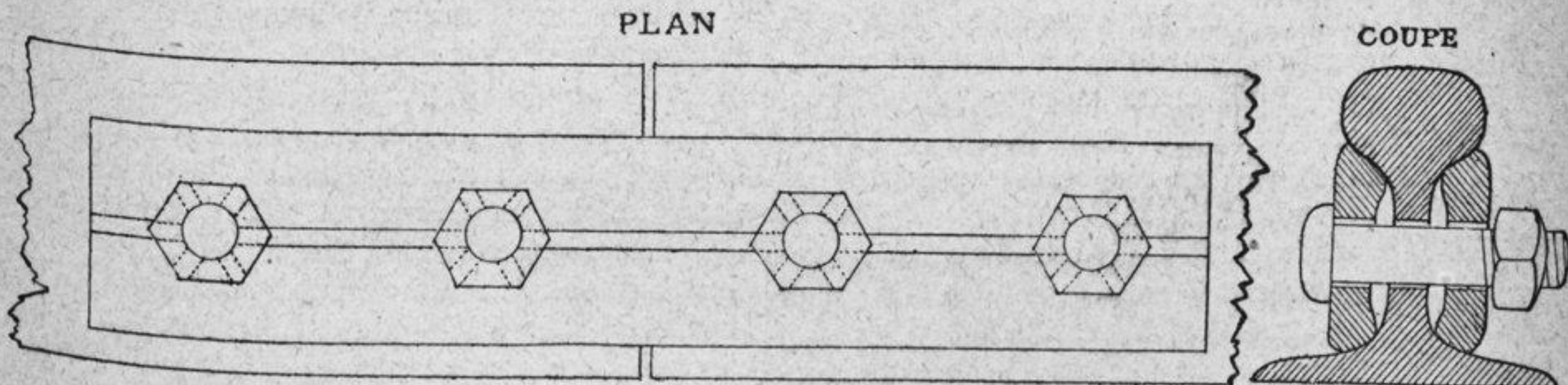


Fig. 60.

faciliter la vérification du serrage ; pourtant, lorsque leur diamètre est un peu grand, on les place à l'intérieur afin d'éviter qu'ils ne rencontrent les boudins des roues.

Le joint est un point faible de la voie, d'abord en tant que pièce d'assemblage, et ensuite parce que, habituellement, la section des éclisses est telle que le rapport

du moment d'inertie à la demi-hauteur est beaucoup plus faible pour l'éclisse que pour le rail, en sorte que l'éclisse travaille plus que le rail dans la portée du joint : il en résulte qu'il faut autant que possible soutenir ce joint en le plaçant sur traverse, position qui en outre atténue les conséquences de la rupture de l'assemblage.

C'est ce qu'on appelle le joint appuyé (*fig. 61*).

Néanmoins, aujourd'hui, un grand nombre d'ingénieurs, tant en France qu'à

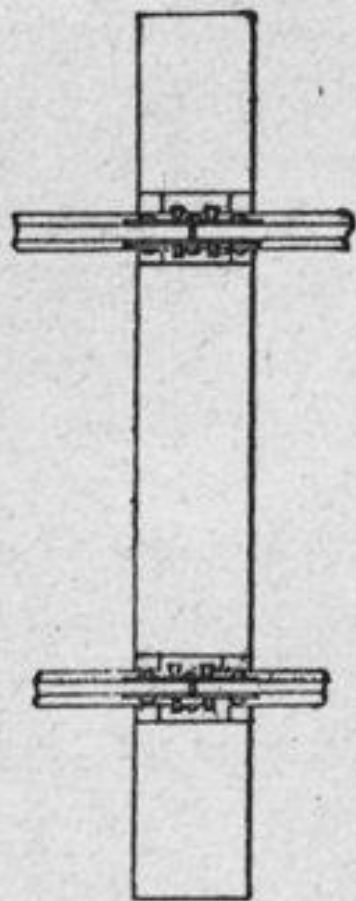


Fig. 61.

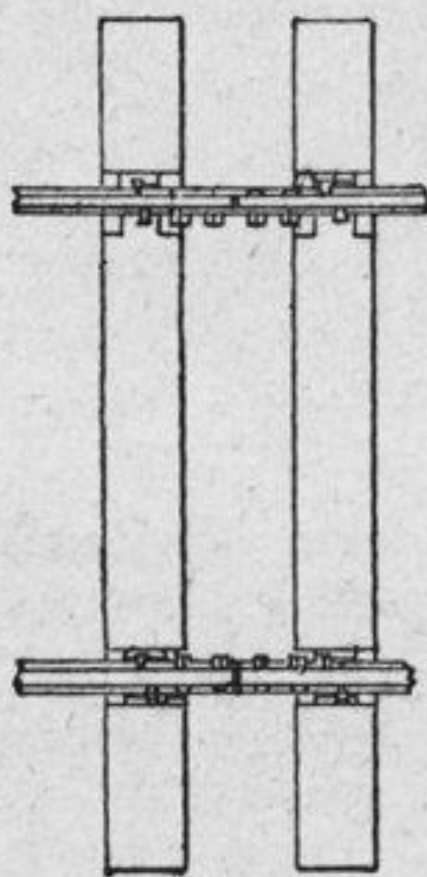


Fig. 61 bis.

l'étranger, préconisent le joint suspendu ou joint placé dans l'intervalle entre deux traverses (*fig. 61 bis*).

C'est que, avec lui, les chocs de la charge en passant d'un rail sur un autre, sont considérablement amoindris par suite de l'élasticité du rail. La cause de ces chocs elle-même, c'est-à-dire la dénivellation inévitable aux abouts des rails s'affaiblit dans ce cas, par suite du rentrant de la courbure du rail en son milieu. On compense l'infériorité de cette disposition en porte-à-faux, au point de vue de la résistance, par une réduction convenable de la portée du joint.

Cette portée est réduite à environ 60 centimètres en France.

Malgré l'effort considérable auquel les éclisses sont soumises, elles résistent cependant et leurs ruptures sont rares ; cela tient d'abord à la qualité du fer employé, et ensuite à ce que la largeur des appuis couvre-joints diminue le vide de la travée dans une assez forte proportion.

Ballast.

43. Le ballast doit, pour être de bonne qualité, remplir les conditions suivantes : 1° Il doit être perméable à l'eau

afin d'assurer l'assèchement sur la voie ; 2° ses éléments doivent avoir assez de stabilité pour n'être pas soulevés par les tourbillons de vent que forme le passage des trains ; 3° ils doivent résister à la gelée, à l'eau et aux actions mécaniques des véhicules ; 4° il ne doit pas être trop dur, afin que la voie ait une certaine flexibilité qui adoucisse le mouvement des trains.

Les principaux matériaux employés comme ballast sont : le gravier, la pierre cassée, le mâchefer, la cendrée de zinc, les laitiers des hauts fourneaux et les scories de forge.

Le gravier, ou sable siliceux, à grains de grosseur variable, remplit mieux que toute autre matière l'ensemble des conditions ; le meilleur est celui qui est extrait des rivières ; celui qu'on extrait des carrières ne vient qu'en seconde ligne.

La pierre cassée constitue également un bon ballast, mais il faut qu'elle provienne de roches qui ne soient ni gélives, ni trop dures, ni trop tendres ; les roches crayeuses doivent être formellement rejetées.

La pierre cassée doit passer, en tout sens, dans un anneau de 0^m,06 au plus, et être débarrassée de toutes les parties terreuses et des détritiques du cassage. Le bourrage est moins commode avec elle qu'avec le gravier.

Le mâche-fer et la cendrée de zinc sont de très bons ballasts, mais ces matières sont rares et ne se rencontrent qu'aux environs de certaines usines. Les lignes de Mons à Hautemont, d'Erquelines à Charleroi, de Namur à Liège ont leur ballast constitué avec ces matières.

Les laitiers des hauts fourneaux et les scories de forge constituent également un bon ballast ; on peut se les procurer en abondance dans les environs des hauts fourneaux et des usines métallurgiques.

44. Épaisseur du ballast. — L'épaisseur du ballast est variable suivant le sol de la voie et suivant la nature des rails. Avec le rail à double champignon, cette épaisseur est d'environ 0^m,60, dont la moitié

est au-dessus des traverses ; avec le rail à patin, l'épaisseur est réduite à 0^m,30 à 0^m,35, le ballast ne dépassant pas les traverses.

Matériel de transport, Système Decauville.

45. La voie se compose de travées droites et de travées courbes.

46. Travées droites. — Chaque travée droite est formée de deux rails à patin, fixés par des rivets sur des entretoises en tôle d'acier (*fig. 62*)

Ce rail a le profil indiqué dans la figure 63 ; il est en acier et pèse 7 kilos par mètre courant.

Chaque entretoise est percée de deux trous, pour la brocher sur des traverses ou des cales en bois, si c'est nécessaire.

Chaque rail est muni, à l'une de ses

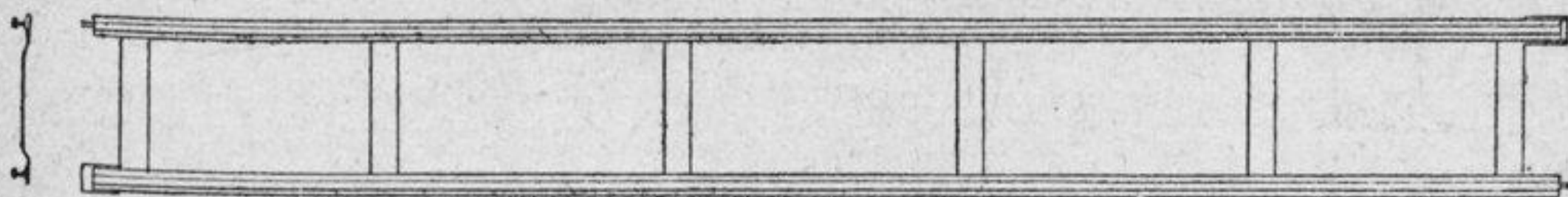


Fig. 62.

extrémités, d'une jonction mâle et d'une jonction femelle. Ces dispositifs sont alternés dans les travées, de manière à les rendre symétriques.



Fig. 63.

La jonction femelle est formée par deux éclisses parallèles, rivées au rail et le débordant de 45 millimètres ; elle forme une jonchette dans laquelle s'engage l'extrémité de l'âme du rail, correspondant au bout mâle (*fig. 64*).

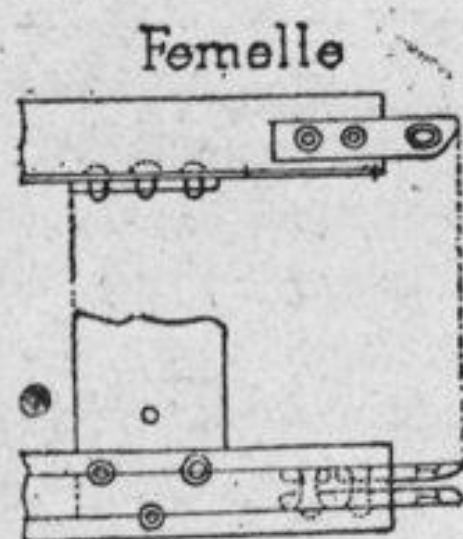


Fig. 64.

La jonction mâle consiste en une plaque de tôle rivée sous le patin du rail, qu'elle dépasse de 30 millimètres ; cette plaque prête appui au bout femelle (*fig. 65*).

L'assemblage de deux rails consécutifs est assuré par une broche, qui traverse de dedans en dehors les différentes parties de

l'éclissage ; on peut mettre la broche en place ou la retirer par un simple coup de marteau. La longueur d'une travée droite est de 5 mètres.

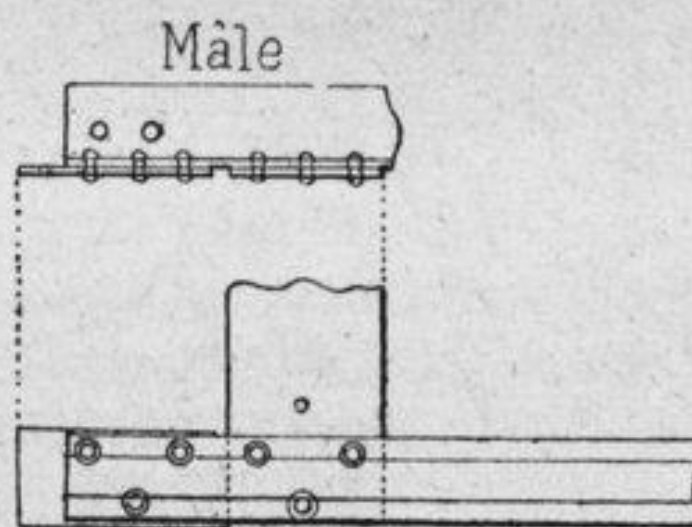


Fig. 65.

47. Travées courbes. — Les travées courbes ont 3 mètres ou 1^m,50 de longueur comptées sur la circonférence moyenne, dont le rayon est de 7^m,630. Même mode d'assemblage que pour les travées droites (*fig. 66*).

Les accessoires de la voie sont la plaque tournante portable et le dérailleur.

48. La plaque tournante portable comprend : une semelle en tôle de forme octogonale et une plaque circulaire en fonte qui pivote autour d'un axe en fer, rivé sur la semelle. La plaque porte sur la semelle, par l'intermédiaire de l'embase du pivot

et de huit taquets de glissement. Elle présente deux voies rectangulaires en creux, disposées symétriquement par rapport au pivot. La plaque et la semelle portent chacune deux poignées à charnière pour les transports. Les poignées de la semelle,

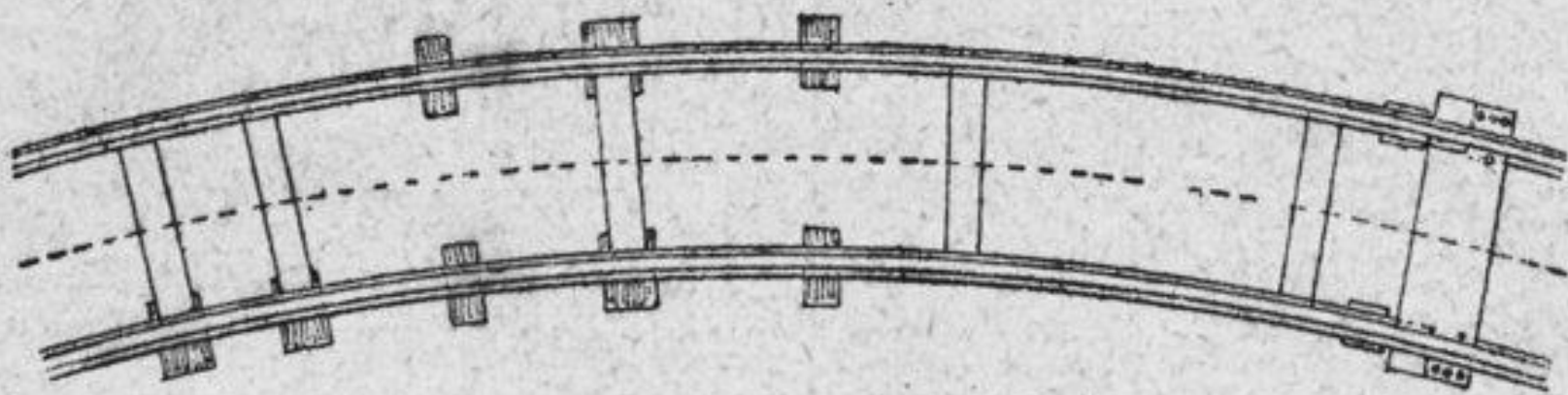


Fig. 66.

en se rabattant dans les encoches de la plaque, servent à arrêter son mouvement (fig 67).

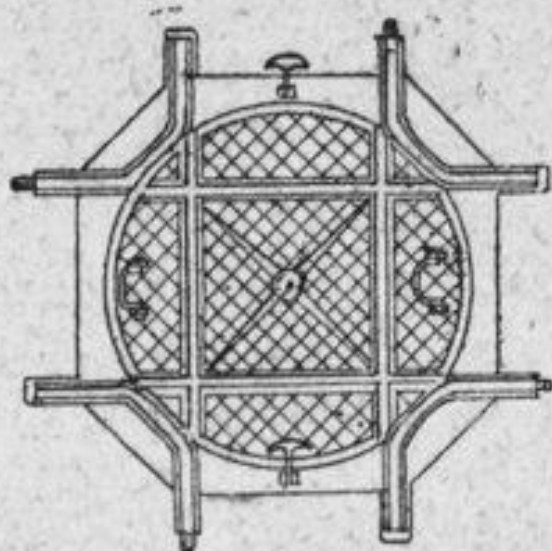


Fig. 67.

49. Le dérailleur est un élément de voie droite de 1^m,50 de longueur, dont les rails en acier, en forme de coin, constituent un plan incliné très allongé. Le dérailleur permet de brancher rapidement une voie de circonstance sur une autre

voie, sans couper cette dernière. A ce effet, placer le dérailleur sur la voie existante; il est maintenu dans cette position par quatre oreilles; raccorder la voie de dérivation avec l'extrémité la plus haute du dérailleur par des bouts courbes, ceux-ci passent par-dessus la voie primitive et sont soutenus par des traverses, des cales ou des pierres (fig. 68).

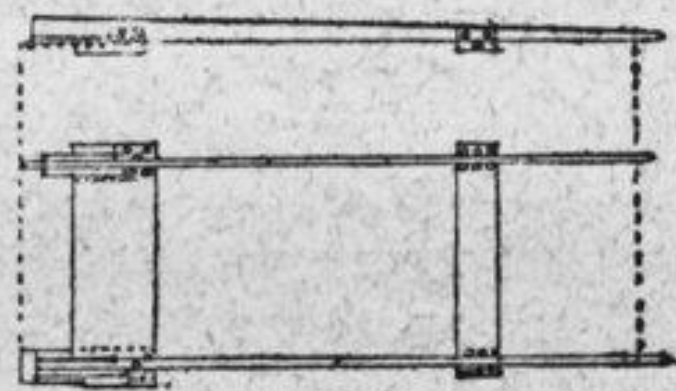


Fig. 68.

Cette voie a un matériel roulant d'un système spécial, et dont nous ferons la description au chapitre V.

CHAPITRE III

LA VOIE

§ I. — GÉNÉRALITÉS

50. Le matériel de construction dont nous avons parlé au chapitre 1^{er} est posé sur une chaussée dont la partie supérieure présente une inclinaison en dos d'âne de 2 à 3 centimètres par mètre pour faciliter l'écoulement des eaux pluviales.

L'élément le plus important du profil transversal de la voie est sa largeur, c'est-à-dire l'écartement constant qui existe entre les bords intérieurs des rails d'une même voie.

Cette dimension joue un grand rôle dans la puissance des machines; elle limite jusqu'à un certain point la largeur et la capacité des wagons, car bien que les roues soient sous les caisses, il y aurait manque de stabilité si celles-ci venaient à déborder par trop sur les premières.

La largeur de la voie est à peu près identique chez toutes les nations européennes; elle est comprise entre 1^m,44 et 1^m,45. La Russie et l'Espagne font exception, la première a adopté une largeur de 1^m,523 et la seconde une largeur de 1^m,736.

Il existe dans beaucoup de contrées des petites lignes qui, n'ayant à desservir que des intérêts locaux, ont une voie plus étroite que la voie courante; exemple, la ligne d'Arzew à Méchéria, dans la pro-

vince d'Oran, en Afrique, qui n'a que 1 mètre de largeur; les voies étroites se rencontrent aussi dans les usines et dans les mines.

Le seul avantage des voies étroites, c'est de coûter moins cher que les voies larges; ce qui permet en revanche d'en construire une longueur beaucoup plus grande pour le même prix, de sorte qu'elles conviennent parfaitement comme voies pénétrantes, dans les pays neufs ou n'ayant qu'un faible trafic, comme par exemple l'Algérie. Leurs inconvénients sont nombreux, car les véhicules manquent un peu de stabilité; il y a tendance aux déraillements dans les courbes, ce qui oblige à diminuer notablement la vitesse; enfin, elles ne se raccordent pas avec les voies ferrées principales du pays, et l'on est obligé de transborder toutes les marchandises.

On doit conclure que pour toute voie ferrée d'une certaine importance, il faut adopter l'écartement normal de 1^m,44. Cette dimension, prise un peu au hasard dès le début de la construction des chemins de fer, s'est trouvée convenir parfaitement à tous les points de vue et remplit à la fois toutes les conditions de stabilité, de sécurité, de durée et d'économie.

que l'on peut exiger de ce genre de voies.

La nécessité de diminuer la raideur des

il faut tenir compte de l'espace compris entre les deux voies, ou *entrevoie*, lequel varie entre 1^m,80 et 2^m,00.

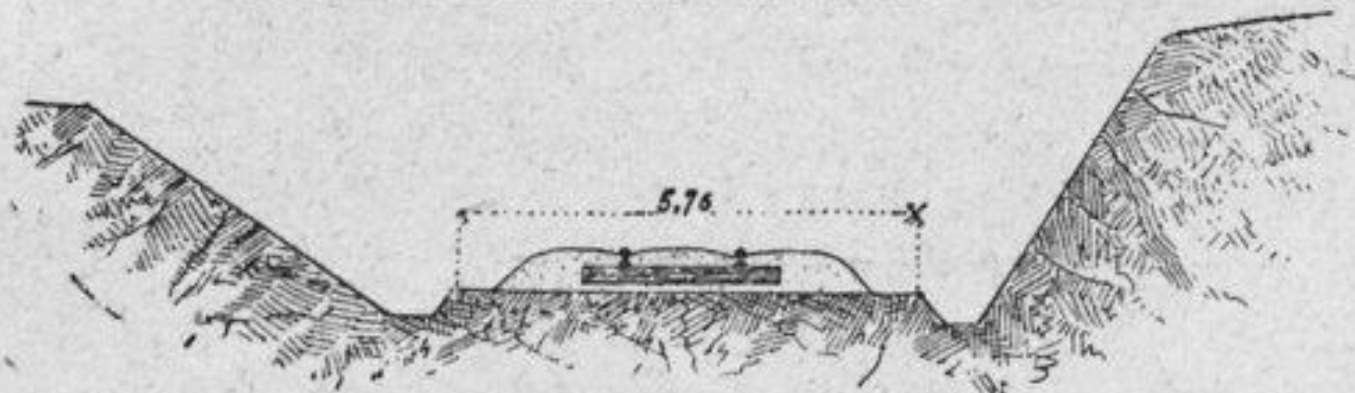


Fig. 69.

pentés et des rampes, a obligé de construire la voie tantôt dans une tranchée dans les endroits élevés, on dit alors qu'elle est *en déblai* ou *en tranchée* (fig. 69), tantôt sur un remblai, par exemple dans le

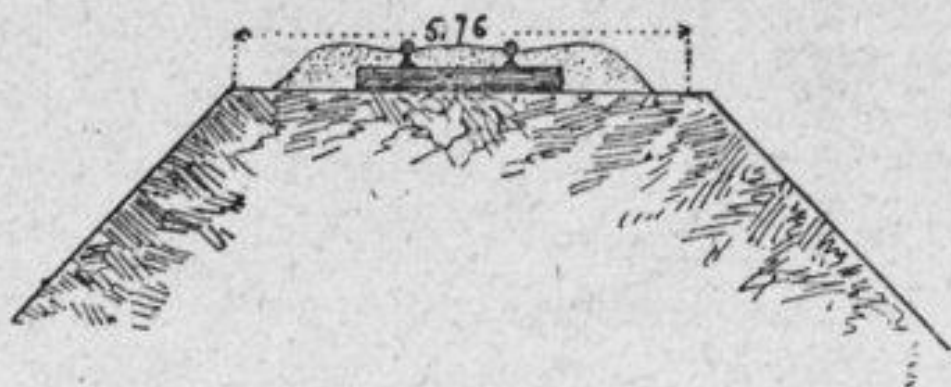


Fig. 70.

fond des vallées ; on dit alors que la voie est *en remblai* (fig. 70).

Lorsque la voie peut être établie sans travaux préalables, sur le terrain naturel, on dit qu'elle est *à niveau* (fig. 71).

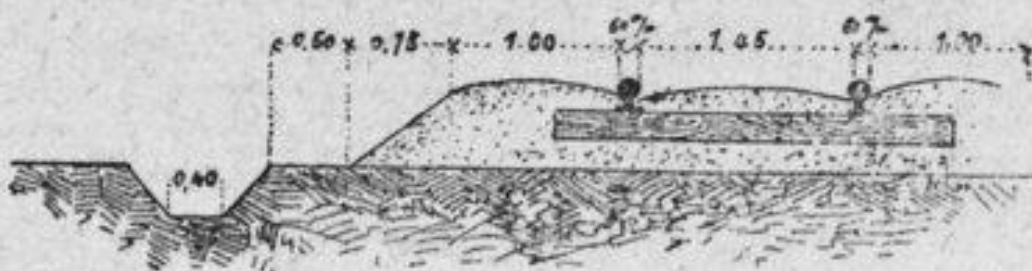


Fig. 71.

Les éléments du profil en travers sont, outre la largeur de la voie, la largeur des champignons des rails, qui est de 0,06, la largeur de l'*accotement*, qui est de 1^m,00, le talus de ballast, dont la base est de 0,50 à 0,65, et la banquette du pied du talus de ballast, qui est de 0^m,50. La largeur totale de la chaussée est donc de 5^m,76 ; il faut y ajouter les talus des banquettes pour les profils en remblai, et les fossés pour les profils en tranchée.

Pour les chemins de fer à double voie,

tunnel (fig. 72).

Les profils en travers des tunnels sont réglés par le cahier des charges ; ils doi-

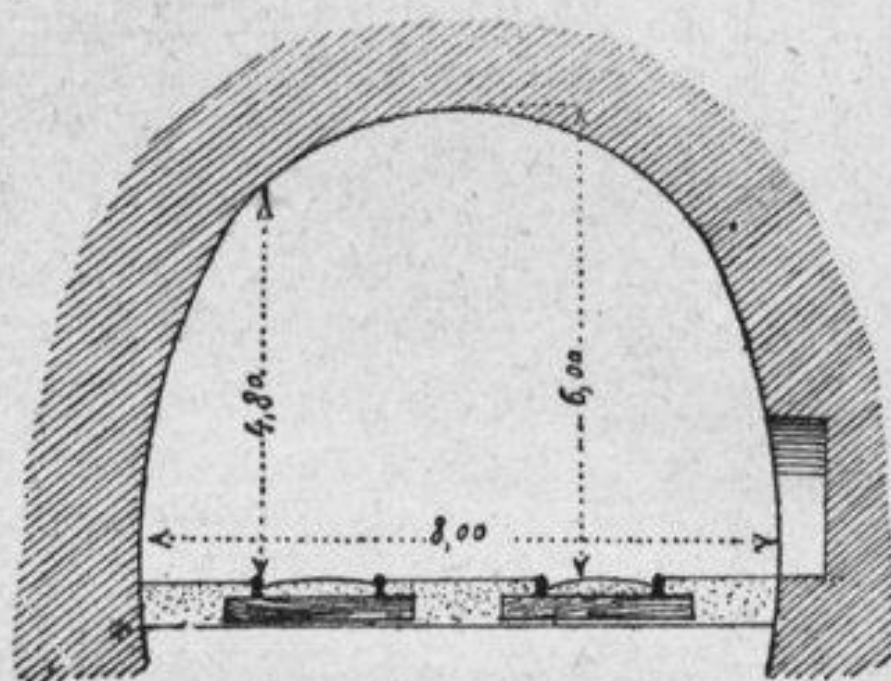


Fig. 72.

vent être faits en principe pour une double voie, et permettre la circulation des véhicules chargés suivant de certaines dimensions que l'on vérifie au moyen d'un appareil appelé *gabarit de chargement*.

Cet appareil se compose de tringles suspendues à des potences placées à cheval sur la voie, et reproduit toute la partie du matériel roulant située au-dessus du niveau des caisses et sous laquelle les wagons doivent passer librement. Il sert pour le chargement des wagons à marchandises non fermés.

52. Viaducs. — Les vallées trop profondes pour être franchies par un simple remblai, le sont au moyen d'un *viaduc*.

La largeur des viaducs a également été donnée par le cahier des charges ; elle est de 4^m,50 pour une voie simple et de 8 mètres pour une double voie (fig. 73).

53. Ponts. — Les routes sont franchies soit au moyen de *ponts-sur-rails*, pour

permettre le passage au-dessus de la voie, soit au moyen de *ponts-sous-rails*, pour permettre le passage au-dessous de la voie.

5 mètres pour un chemin de grande communication, et 4 mètres pour un chemin communal.

La hauteur minimum est de 4^m,30 sous poutres droites, et de 5 mètres sous clef, dans le cas d'une voûte.

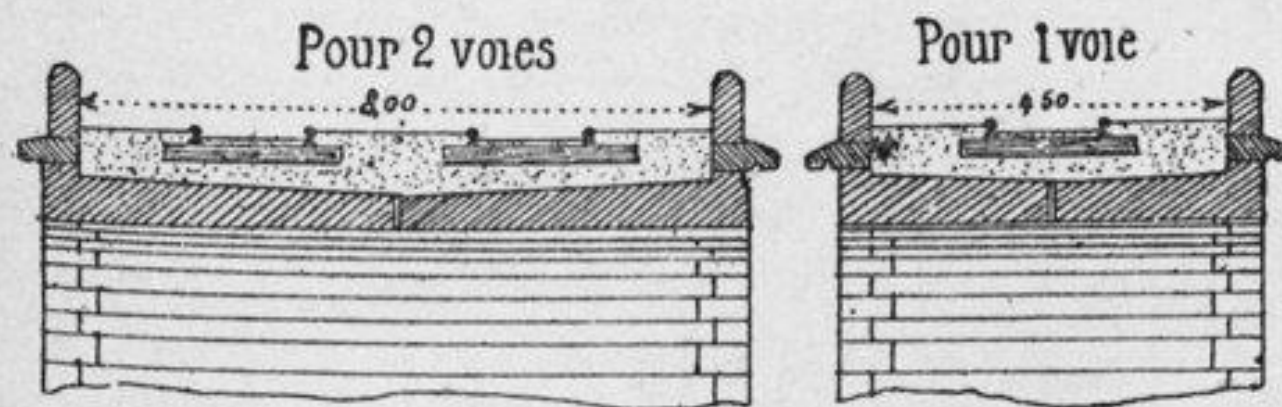


Fig. 73.

Les cours d'eau sont franchis par des *ponts-sous-rails* construits en maçonnerie, en fer ou en bois.

Les portées ou ouvertures de ces ponts varient suivant

l'importance du cours d'eau et les difficultés d'établissement des supports.

L'ouverture des *ponts-sous-rails* est de 8 mètres pour une route nationale, 7 mètres pour une route départementale,

§ II. — TRACÉ DE LA VOIE

54. Tracé de la voie. — Les conditions de tracé en plan des chemins de fer sont commandées dans une certaine mesure par les dispositions du matériel roulant, et par les conditions de leur tracé en élévation, c'est-à-dire sous le rapport des pentes et des rampes, sont subordonnées au moteur.

Le tracé en plan se fait suivant l'axe de la voie; il se compose d'une série de parties droites ou alignements, raccordés par des courbes qui sont généralement des arcs de cercle.

Les pentes et les rampes augmentent considérablement la résistance à la traction, et produisent par suite une diminution dans la vitesse et dans la charge remorquée.

La limite des pentes est commandée par la nécessité pour la locomotive, de dépasser, pour se remorquer elle-même, une partie d'autant plus grande de sa force que les pentes sont plus raides.

La limite d'emploi pratique des locomotives a lieu sur des rampes de 0,036 à 0,040; au delà, sur des rampes de 40 à 50

millimètres, les moteurs ne remorquent qu'une charge qui ne dépasse guère leur propre poids.

55. Profil en long. — Dans la rédaction d'un projet de chemin de fer, le profil en long est établi de la manière suivante (fig. 74):

Les longueurs sont à l'échelle du plan général, soit $\frac{1}{500}$ ou $\frac{1}{1000}$, et les hauteurs à l'échelle décuple de celle des longueurs, soit $\frac{1}{50}$ ou $\frac{1}{100}$.

Sur une première ligne AB, on inscrit les numéros des profils; sur une deuxième ligne CD, parallèle à la première et tracée un peu au-dessous, on inscrit les longueurs des entre-profil; sur une troisième ligne parallèle EF, on inscrit les mêmes longueurs cumulées depuis l'origine; sur une quatrième ligne parallèle GH, on inscrit les longueurs et la déclivité de chaque pente ou rampe; sur une cinquième ligne parallèle KL on inscrit les longueurs des alignements droits, ainsi que les longueurs et les rayons des courbes.

Le profil en long, indique la coupe du terrain par un simple trait noir, les lignes du projet sont tracées au rouge ou par un trait noir un peu fort. Les ouvrages d'art sont figurés en coupe. La distribution des pentes et des rampes

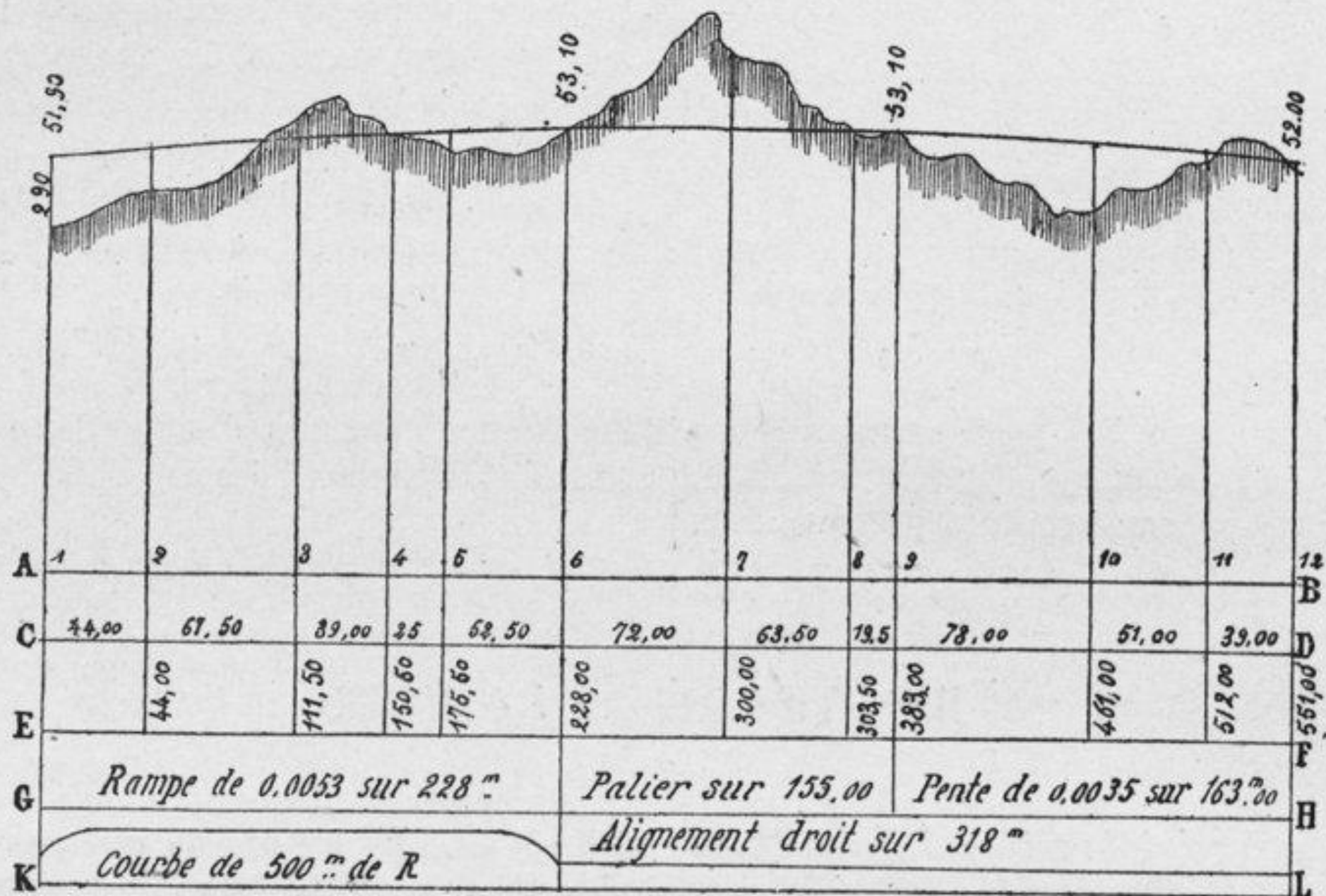


Fig. 74.

est très importante; il faut éviter de faire coïncider les points à fortes rampes avec ceux à courbes de petit rayon. Ainsi, par exemple, une rampe forte, mais courte, est souvent plus facilement franchie par une machine ordinaire qui l'aborde avec une vitesse acquise, qu'une pente moins raide, mais beaucoup plus longue.

56. Voie en ligne courbe. — Nous avons parlé au chapitre I de l'influence des courbes comme résistance à la traction et de la nécessité de n'employer que des courbes de grand rayon.

Nous allons étudier maintenant quelles sont les autres conditions à remplir par les voies en lignes courbes pour obtenir le libre parcours, c'est-à-dire la suppression aussi complète que possible du glissement au contact du rail avec les roues des wagons.

57. Conicité des bandages. — La première des conditions exigées, c'est la conicité des bandages des roues des véhicules

nécessitée par la solidarité des roues avec les essieux, l'un des caractères distinctifs du matériel roulant usuel. Nous verrons dans le chapitre V, pourquoi l'on a été obligé de caler les roues sur les essieux; pour le moment, nous nous bornerons à admettre sans démonstration cette nécessité.

Dans tous les systèmes de matériel roulant, les bandages sont terminés, vers l'intérieur de la voie, par une partie saillante nommée *boudin* ou *mentonnet*.

On sait qu'il existe entre le rail et les mentonnets un certain jeu qui rend possible le roulement des deux roues conjuguées sur des cercles de rayons différents et supprime ainsi, jusqu'à un certain point, le glissement que l'inégalité des deux cours de rails tend à produire dans les courbes.

Mais en ligne droite, la conicité rend aussi des services en combattant les causes multiples qui tendent à déranger le wa-

gon de sa position normale dans l'axe de la voie; elle sert alors de régulateur et préserve par là le mentonnet, qui n'est qu'un appareil de sûreté, du contact du rail, et par suite d'une usure trop rapide.

Toutefois, elle ne doit pas être exagérée, car les oscillations qui en sont la conséquence, amplifiées pour la caisse par le jeu des ressorts, augmentent le mouvement de lacet, qui est une cause de déraillement et de détérioration du matériel.

Cette disposition très simple et très efficace, combinée avec le dévers (n° 59), réduit théoriquement le rail au seul rôle de support, en lui ôtant la direction immédiate du véhicule.

58. Jeu. — L'indice de la conicité est généralement $\frac{1}{20}$, et le jeu total varie entre 20 et 36 millimètres. Ce jeu, dont la moitié correspond à chaque roue, est égal à la largeur de la voie dans œuvre, diminuée de la portée de calage et du double de l'épaisseur du boudin. Ce demi-jeu est la distance $a b$ (fig. 75).

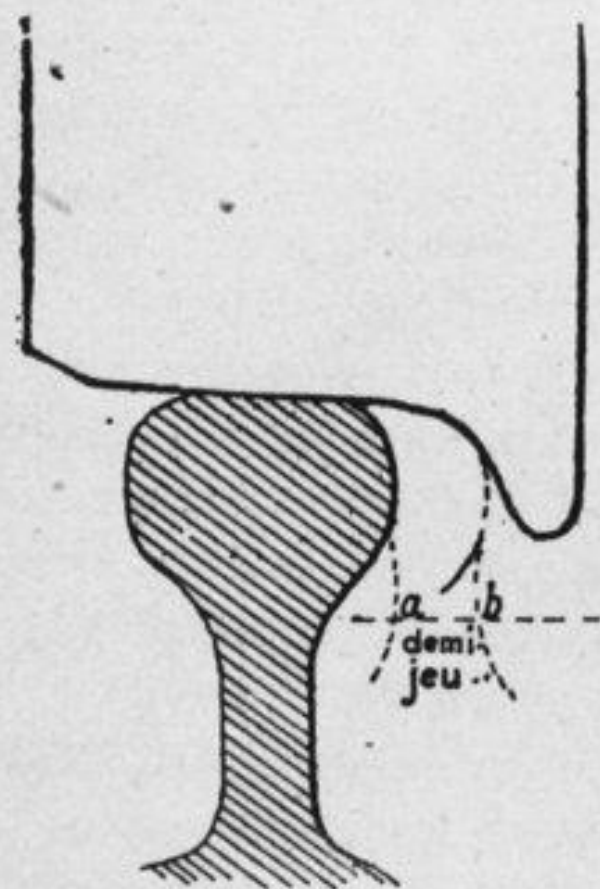


Fig. 75.

A ce jeu normal correspond un rayon minimum au delà duquel la longueur du wagon n'est plus inscriptible dans la courbe. Ce rayon est en moyenne de 25 mètres, c'est-à-dire beaucoup plus petit que les rayons habituels des courbes, qui, même dans les changements de voie les

plus brusques, ne descendent pas au-dessous de 150 mètres. L'inscription des mentonnets des wagons est donc largement assurée.

Toutefois, l'expérience aussi bien que le raisonnement ont démontré qu'il était nécessaire d'élargir la voie aux courbes, pour réaliser la condition du roulement conique de chaque paire de roues. Cet élargissement complémentaire porte le nom de *surécartement*.

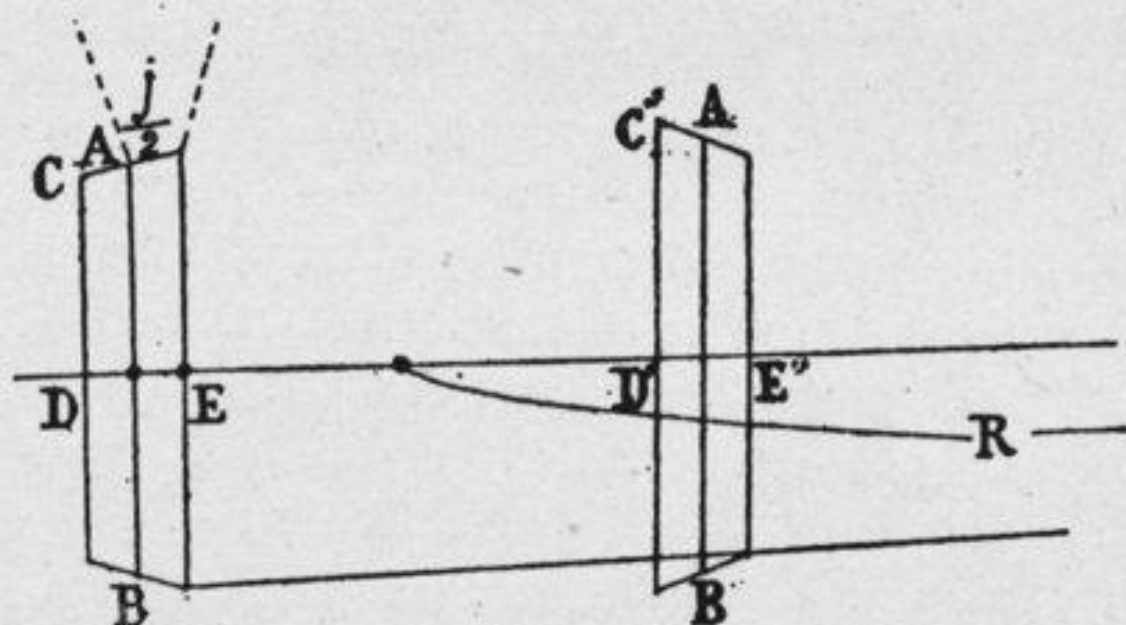


Fig. 76.

Cherchons quel est le rayon minimum permettant à la conicité de réaliser ce roulement, sans surécartement; on en déduira que toutes les courbes d'un rayon inférieur devront avoir leur voie élargie (fig. 76).

Appelons C et C' les deux troncs de cône représentant la partie utile des bandages c l'écartement $= 1^m,510$ en moyenne;

$\frac{j}{2}$, le demi-jeu $= 0^m,032$ en moyenne;

$\frac{1}{i}$, l'inclinaison des bandages $= \frac{1}{20}$ en

moyenne;

AB et $A'B'$ les circonférences moyennes de roulement;

DE et $D'E'$ les rayons extrêmes de roulement;

R le rayon de la courbe;

P le rayon extérieur du bandage $= 0,50$ en moyenne

Nous avons d'abord :

$$DE = P + \frac{j}{2i}$$

$$D'E' = P - \frac{j}{2i}$$

Mais à cause des triangles semblables formés par les rayons extrêmes de roulement DE et D'E', avec le centre de la courbe de rayon minimum R, nous avons :

$$\frac{R - \frac{c}{2}}{R + \frac{c}{2}} = \frac{P - \frac{j}{2i}}{P + \frac{j}{2i}}$$

D'où, en effectuant et en simplifiant les termes semblables, on obtient :

$$R = 467 \text{ mètres.}$$

D'après ce qui précède, on devrait élargir toutes les voies des courbes d'un rayon inférieur à 467 mètres ; pourtant, dans la pratique, on ne commence l'élargissement qu'à partir d'un rayon beaucoup plus petit, parce que l'on tient compte de l'agrandissement du jeu par suite de la dépression du boudin.

Sur les lignes parcourues par des trains express, avec locomotives de 2 mètres et plus de diamètre, le rayon minimum des courbes est de 600 mètres.

Sur les lignes où la vitesse est réduite et où l'on n'emploie que des machines à roues couplées et de petit diamètre, le rayon des courbes peut descendre à 300 mètres.

Ces chiffres sont ceux qui conviennent à la voie courante, mais ils peuvent être réduits à 200 et même à 150 mètres, sur les points où la vitesse est réduite comme dans les tracés en terrain accidenté, dans les gares et à leurs abords.

59. Dévers. — Pour que le libre parcours ait lieu, il ne suffit pas que la conicité des bandages le rende possible, il faut encore que le rail n'ait pas à exercer de poussée latérale, et, par suite, que la résultante des forces auxquelles le centre de gravité du véhicule est soumis soit égale à la force centripète.

Pour obtenir cette résultante, on dispose la voie en plan incliné en surélevant le rail extérieur ; de cette manière, la verticale passant par le centre de gravité

tombe en deçà de l'axe du véhicule, vers l'intérieur, et il y a compensation entre les forces contraires.

On a cherché à déterminer par le calcul l'inclinaison à donner à la voie pour satisfaire aux conditions ci-dessus ; mais, comme l'un des éléments du calcul, le frottement de glissement, est essentiellement variable, il s'ensuit que le problème admet une infinité de solutions.

L'expérience a démontré l'insuffisance du dévers obtenu par le moyen des calculs, car on constata qu'en appliquant les formules trouvées, le rail extérieurs'usait très rapidement par suite du frottement du boudin contre ce rail. On en est arrivé à penser que la force centrifuge n'est pas le seul élément à considérer dans cette question, et que le parallélisme des essieux, la tension et la rapidité des attelages tendent autant qu'elle à faire monter les roues sur le rail. Aussi, sur la plupart des chemins de fer, les dévers réels sont plus considérables que ceux donnés par les formules.

Le dévers est obtenu par des inclinaisons contraires données aux deux files ; cette inclinaison est ascendante pour la file extérieure et descendante pour la file intérieure, de sorte que le niveau de l'axe de la voie n'est pas modifié.

Le danger de renversement vers l'extérieur n'est nullement à craindre dans les courbes des voies ferrées, malgré la grande vitesse, à cause de la grandeur du rayon et de l'abaissement considérable du centre de gravité.

La surélévation donnée par le dévers est établie en vue des trains les plus rapides ; il en résulte qu'elle est trop forte pour les trains de vitesse moyenne et surtout pour ceux de marchandises ; c'est en effet ce que l'on constate par le grincement que l'on entend du côté du rail intérieur au passage de ces trains ; mais c'est un inconvénient qu'il faut subir plutôt que d'avoir des dévers insuffisants pour les trains rapides, pour lesquels les chances de dérail-

lement seraient considérablement augmentées.

Les croisements et les changements de voie n'ont pas de dévers.

60. Raccordement des courbes et des alignements. — Sur les routes ordinaires, les courbes sont raccordées avec les parties droites par des paraboles ; dans les chemins de fer, on emploie pour ces raccordements l'arc de cercle, qui présente l'avantage de donner un rayon plus grand que le rayon minimum de la parabole, toutes choses égales d'ailleurs.

Mais, pour soustraire les véhicules à une brusque déviation, il faut raccorder l'arc de cercle avec l'alignement par une courbe dont la courbure aille en diminuant depuis le point de tangence avec le cercle jusqu'à la partie droite.

De plus, il est également nécessaire de graduer le dévers, il convient par suite :

1° De tracer le raccordement suivant une courbe de rayon décroissant à partir de l'alignement depuis l'infini jusqu'au rayon du cercle ;

2° De donner au dévers en chaque point de cette courbe la valeur qui correspond à son rayon

Si, en outre, on veut obtenir une variation donnée du dévers, l'espèce de courbe de raccordement s'en déduit.

Le plus souvent, en pratique, les raccordements se font au sentiment.

Ces raccordements sont surtout nécessaires dans les courbes de très petit rayon, dont le tracé primitif en arc de cercle est alors sensiblement affecté. Sur les lignes à courbes de grand rayon, on ne se préoccupe pas beaucoup de l'adoucissement de la déviation horizontale des véhicules, parce qu'elle est alors secondaire ; le tracé des courbes n'est modifié que vers ses extrémités et reste circulaire dans son ensemble.

61. Raccordement des déclivités. — On comprend aisément qu'il est très important aussi d'éviter les changements brusques de courbure dans les pentes, car la succession sans transition des paliers, pentes et rampes, produit des variations brusques dans la répartition des charges entre les essieux des locomotives, en même temps que des réactions très fortes, qui fatiguent les attelages et peuvent en amener la rupture.

On raccorde généralement les paliers,

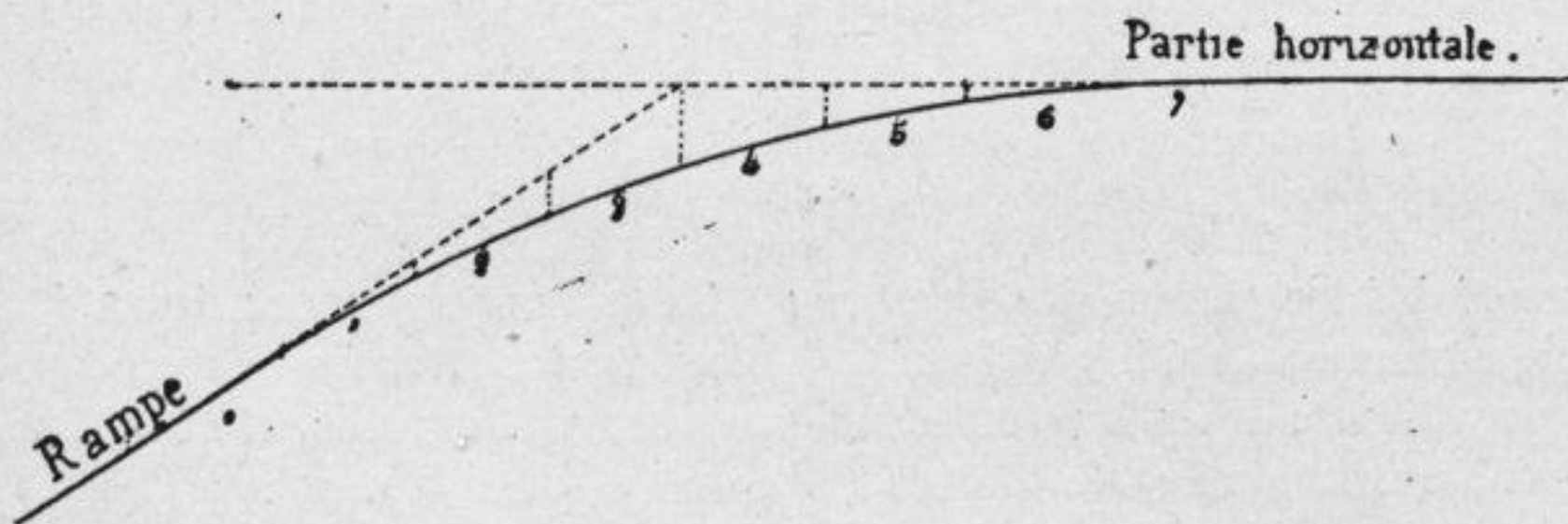


Fig. 77.

pentés et rampes par une succession de plans inclinés ayant chacun 6 mètres de longueur, pour chaque différence de pente d'un millimètre (fig. 77).

1^{er} Exemple : On propose de raccorder une rampe de 15 millimètres avec un palier.

La longueur du profil polygonal sera de $(15-1) \times 6 = 84$ mètres.

2^o Exemple : On propose de raccorder une pente de 10 millimètres avec une autre pente de 4 millimètres.

La longueur du profil polygonal sera de $(10-4-1) \times 6 = 30$ mètres.

Il est à remarquer que la moitié de cette longueur, soit 15 mètres, doit être portée en deçà du point d'intersection, et l'autre moitié au delà.

62. Points spéciaux. — Il existe dans les voies ferrées des parties qui doivent être en vue de satisfaire à certaines conditions spéciales : tels sont les passages à niveau, les traversées, les croisements et les changements de voie.

63. Passages à niveau. — On appelle passage à niveau la traversée d'une voie ferrée par une route de terre qui est au même niveau que la première.

On ne peut plus, dans ce cas, laisser les rails en saillie sur la voie, mais il faut au contraire amener le ballast jusqu'au niveau supérieur des rails, afin que le passage des voitures puisse s'effectuer sans rencontrer de ressauts brusques.

Mais si l'on enterrait purement et simplement le rail, les mentonnets des roues

des wagons ne pourraient plus passer, et il en résulterait un déraillement.

Pour ménager le passage des boudins des roues, on a donc été amené à placer un second rail, ou contre-rail, en face de chacun des rails de la voie, sur toute la largeur du passage. L'intervalle entre le rail et le contre-rail est appelé la rainure.

La rainure doit avoir, en alignement droit, une largeur de 0^m,050 à 0^m,055 ; en courbe, la largeur de la rainure est naturellement augmentée de la moitié du surécartement correspondant.

Pour que les mentonnets ne viennent pas choquer les contre-rails, on infléchit ces derniers de manière à évaser la rainure à chaque extrémité (*fig. 78*).

64. Traversées de voies. — Les traver-

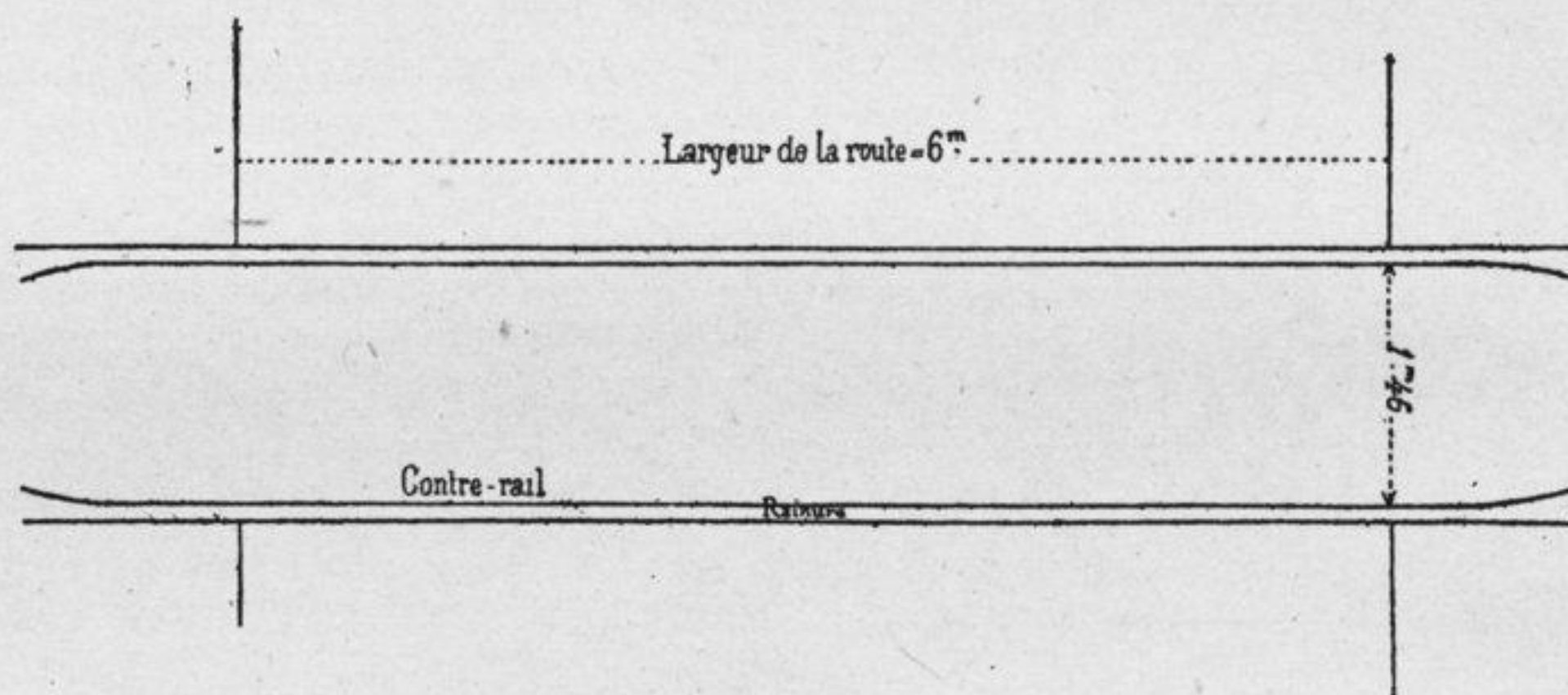


Fig. 78.

sées servent à faire passer des wagons d'une voie sur une autre. Il y a deux espèces de traversées : 1° les traversées rectangulaires ; 2° les traversées obliques.

Les premières sont employées dans les gares pour traverser plusieurs voies parallèles ; les secondes sont employées dans les embranchements sur une ligne à deux voies.

65. Traversées rectangulaires. — La traversée rectangulaire comporte une voie transversale coupant normalement les voies à traverser et aboutissant à autant de plaques tournantes qu'il y a de voies à mettre en communication (*fig. 79*).

Examinons comment devra être organisée la voie traversée, qui est celle que parcourent les trains, c'est-à-dire la voie principale BB (*fig. 80*).

Les rails de la voie principale BB devront être continus, afin de n'offrir aucune entrave à la circulation des trains ; il en résulte que ceux de la voie transversale AA devront être entaillés à l'intérieur et à l'extérieur, de manière à permettre le passage des roues R, tant qu'elles rencontrent le rail de la voie principale.

De plus, pour éviter tout choc entre les roues et les faces verticales des lacunes, il est nécessaire de protéger celles-ci par

des contre-rails semblables à ceux des passages à niveau.

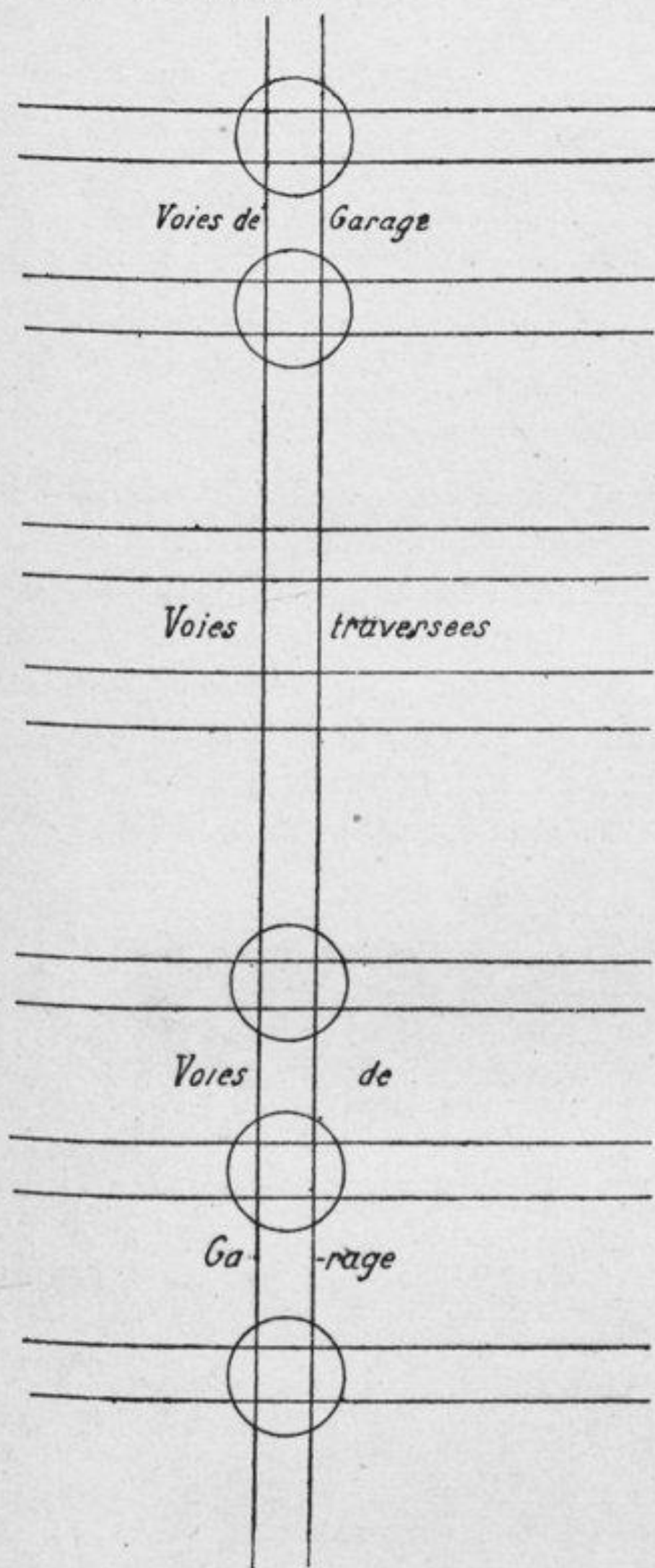


Fig. 79.

Ces différentes pièces sont posées sur un châssis formé de deux groupes de traverses ordinaires disposées en deux étages; quelquefois, elles sont simplement posées sur des traverses, comme sur la ligne de l'Est.

Lorsque deux voies de même importance se coupent à angle droit, elles sont établies au même niveau et les quatre cours de rails sont coupés pour laisser passer les boudins des roues (fig. 81).

66. Traversées obliques. — Une traversée oblique complète comprend trois parties distinctes (fig. 82) :

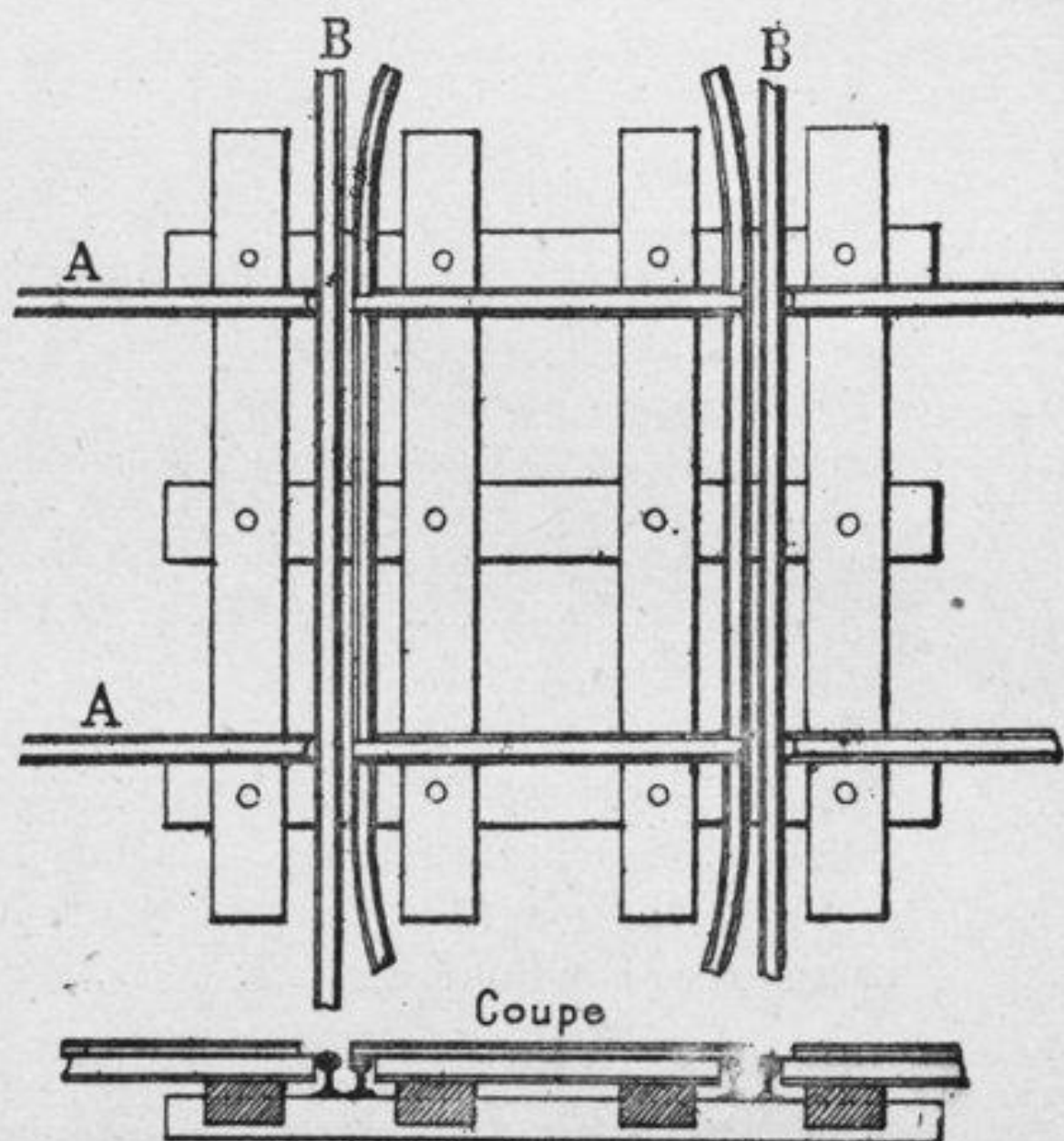


Fig. 80.

- 1° Les deux croisements d'entrée et de sortie A et A' ;
- 2° La traversée proprement dite B ;
- 3° Les deux voies de raccordement C et C'.

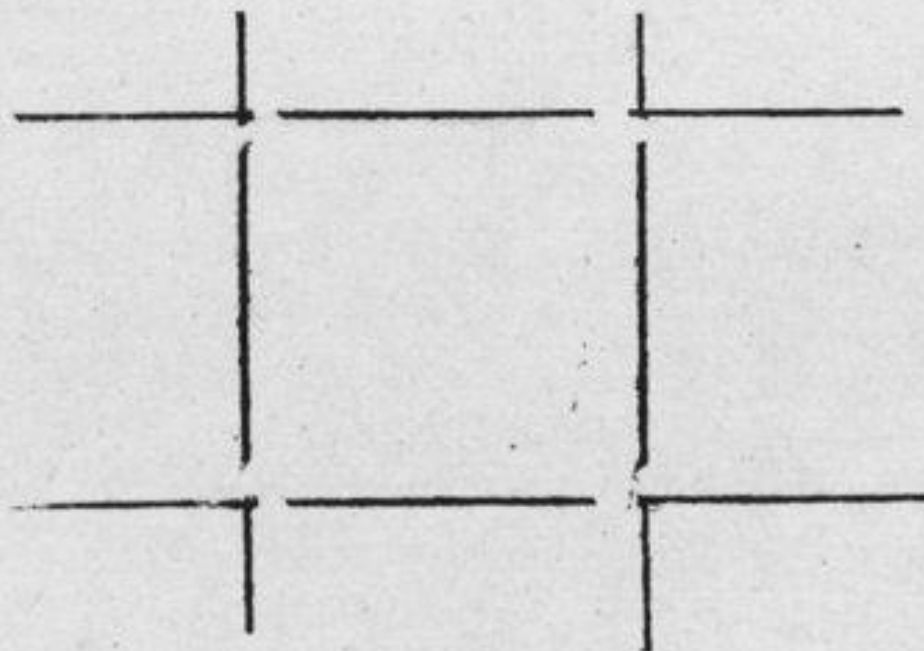


Fig. 81.

La rencontre de deux voies peut se faire sous des angles variables, mais dans la pratique, les types des appareils sont limités à un ou deux, qui sont construits sous un angle dont la tangente est comprise entre 0,09 et 0,13.

Comme les voies qui se coupent obliquement sont de même importance, il s'ensuit qu'elles doivent être traitées également, que les rails doivent être au même

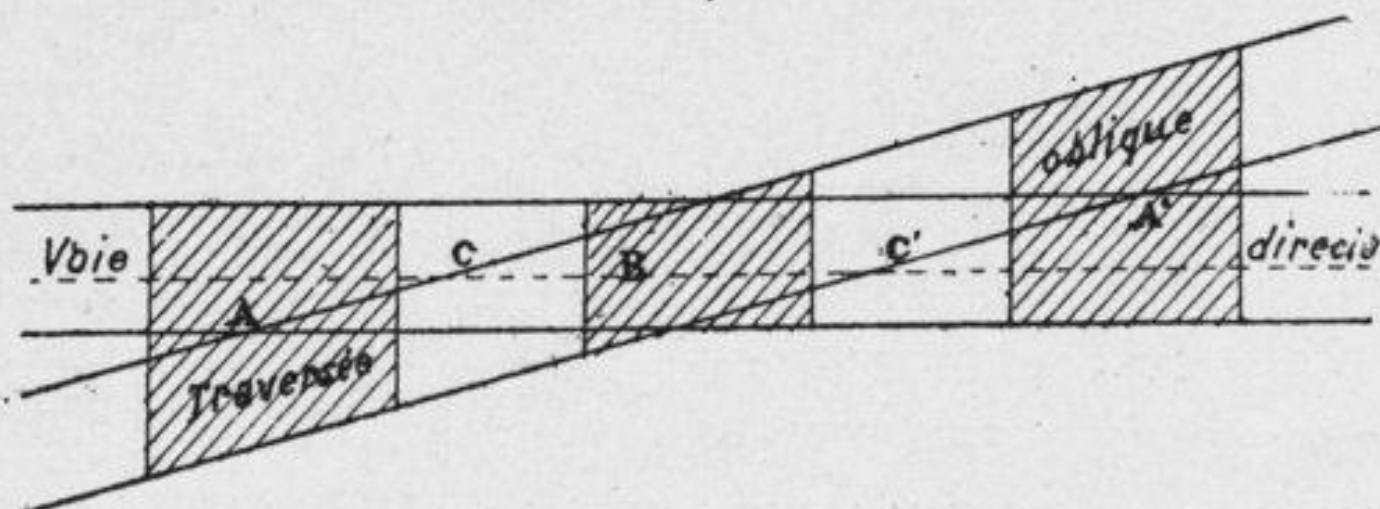


Fig. 82.

niveau, et que l'appareil doit être symétrique par rapport aux diagonales du losange commun aux deux voies (fig. 83).

Les quatre rails du losange doivent d'abord être tranchés parallèlement aux rails extérieurs, de manière à ménager une rainure de 0,05 de largeur pour le passage des boudins des roues.

Mais, les lacunes AB, CD existant au quatre angles du losange sont nuisibles et pourraient occasionner des déraillements : on est donc obligé d'y remédier comme il va être indiqué ci-après. On appelle croisement la portion de la traversée qui correspond à une pointe aiguë B.

67. Croisement. — Si nous supposons

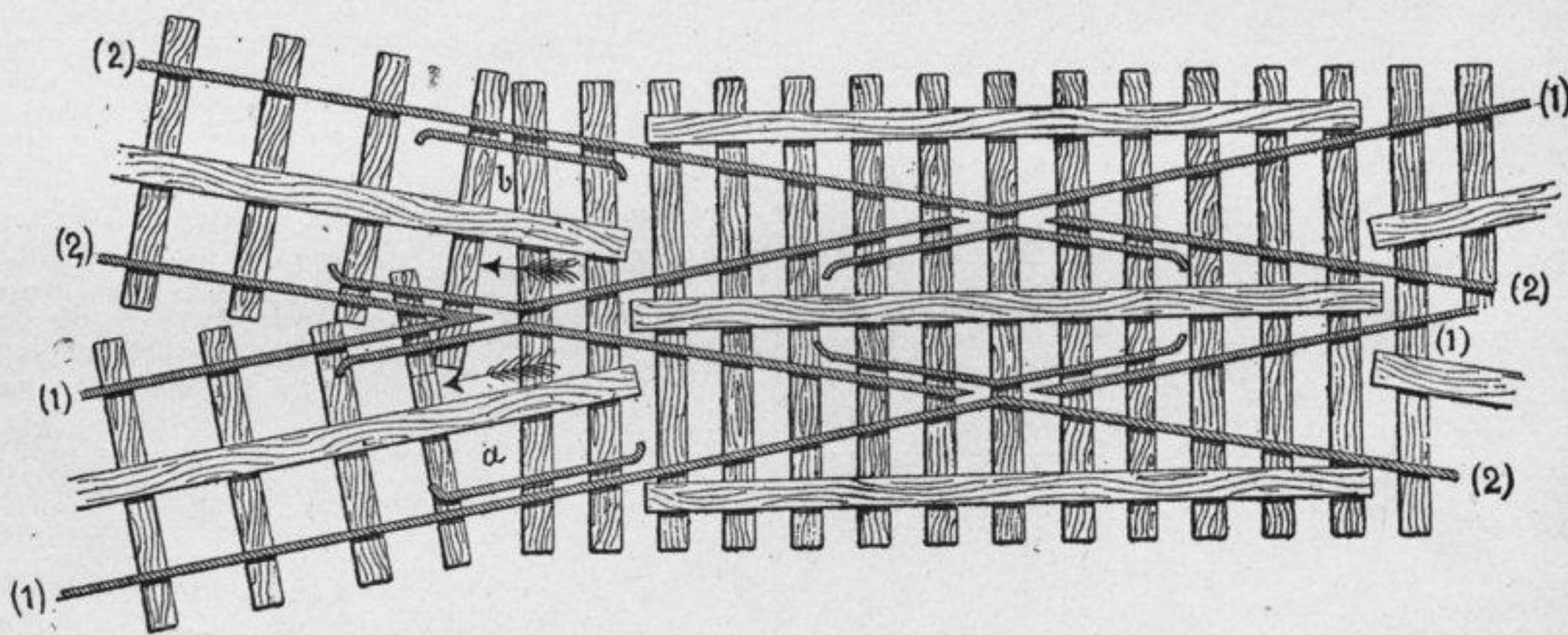


Fig. 83.

un véhicule en marche sur la voie (1) et se dirigeant de droite à gauche nous remarquons que, arrivé en B, il rencontre une solution de continuité de 50 à 60 centimètres. Dès lors, la roue n'ayant plus d'appui de ce côté, peut venir choquer ou contourner la pointe B et par suite dérailler. Pour prévenir cet accident, il est nécessaire de placer un contre-rail *a*, disposé comme ceux des passages à niveau, qui force la roue conjuguée à serrer de près son rail, et par suite empêche la première de dérailler.

De même, pour éviter le déraillement au même point *a* d'un train parcourant de droite à gauche la voie (2), il est nécessaire de placer un contre-rail semblable en *b*.

Enfin, pour éviter que la pointe B soit détériorée par le choc de la roue, on la déprime, et au lieu de trancher le rail, comme on l'a d'abord supposé, on l'infléchit parallèlement à la voie croissante, en forme de patte de lièvre, en laissant toujours la même rainure de 5 centimètres.

Dès lors, au lieu d'un choc, on obtient

un appui continu de la jante ; mais encore faut-il que la largeur de la jante soit suffisante pour pouvoir reposer sur le rail

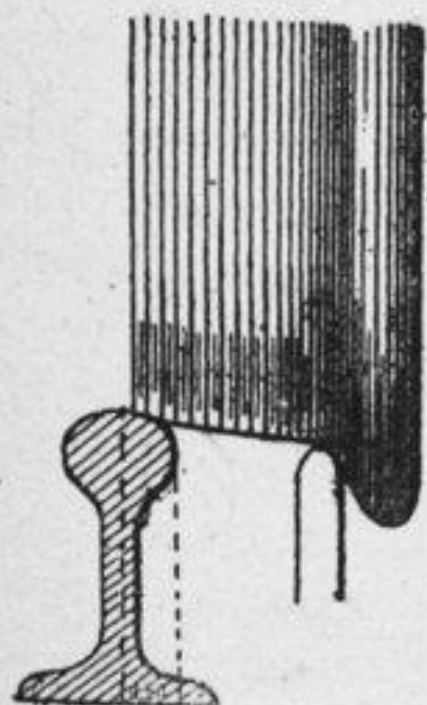


Fig. 84.

infléchi non seulement au droit de la pointe B, mais encore un peu au delà.

Il est nécessaire, pour cela, que la jante ait une largeur minimum de 0^m,125, de façon qu'elle repose encore de 0^m,030 sur le rail infléchi, ainsi que l'indique la figure ci-dessus (fig. 84).

68. Traversée proprement dite. — On appelle traversée proprement dite le sys-

tème formé par les deux pointes obtuses A et B (fig. 85).

Si nous considérons un véhicule cheminant sur la voie (1) dans le sens indiqué par la flèche, nous remarquons qu'il trouvera la voie élargie d'abord à gauche en arrivant au point *a*, et ensuite à droite en arrivant au point *b*. Le premier élargissement occasionne simplement une pression plus forte du mentonnet de la roue sur le rail extérieur dans le voisinage du point *b*, ce qui n'est pas un gros inconvénient ; il n'en est pas de même du second élargissement *b*, qui permet la déviation vers la droite et par suite le choc des mentonnets contre les points *c*, *d*, et même le contournement de ces pointes, c'est-à-dire le déraillement.

Pour remédier à ces inconvénients, on

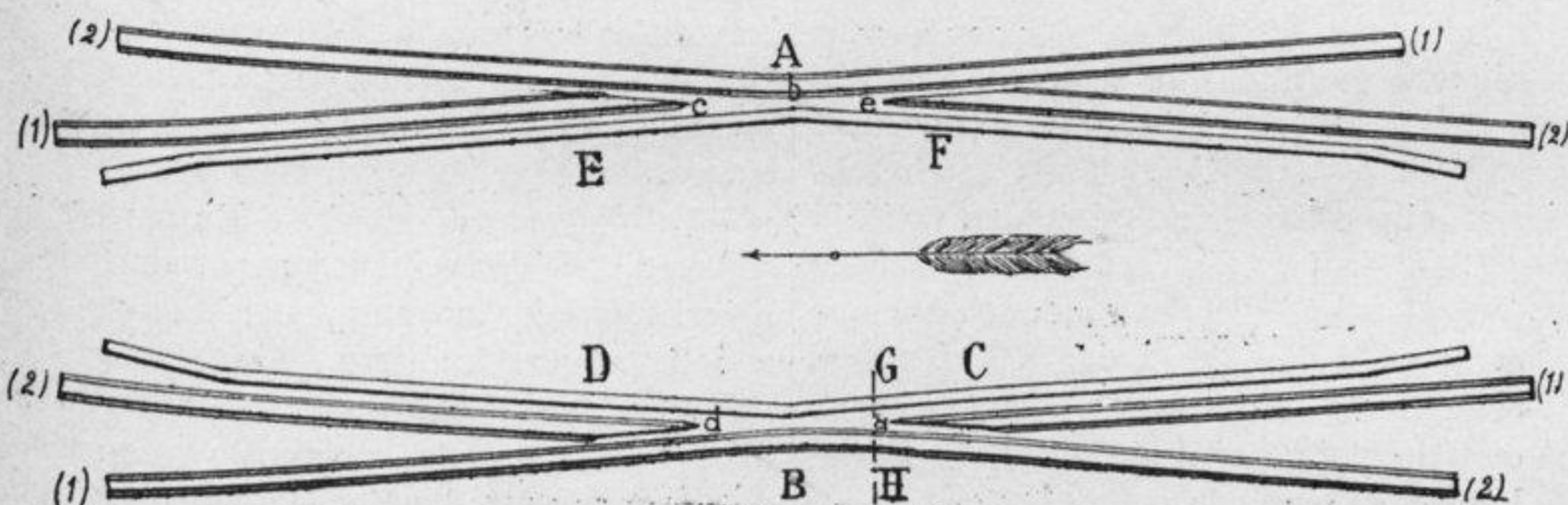


Fig. 85.

place un contre-rail C, qui force la roue de gauche à serrer de près son rail et empêche ainsi le choc contre les pointes *cd*, ainsi que le déraillement.

Toutefois, cette solution ne serait pas entièrement satisfaisante si elle n'était pas complétée par une disposition particulière. En effet, entre le moment où le véhicule dépasse la pointe obtuse B et celui où la pointe *d* est abordée, le contre-rail C ayant cessé de diriger la roue de gauche, rien ne s'oppose à ce que la roue de droite ne contourne la pointe *c*, et par conséquent déraille.

Pour s'opposer à ce déraillement, il est nécessaire de surhausser le contre-rail C

de 6 centimètres, ainsi que l'indique la coupe suivant GH (fig. 86).

Si l'on considère successivement les deux voies et les deux sens du mouvement sur chacune d'elles, les mêmes raisons que nous venons d'exposer obligent à ajouter trois contre-rails D, E, F, disposés et surhaussés de la même manière que le contre-rail C.

En résumé, la traversée proprement dite comprend trois parties principales :

- 1° Quatre rails de pointe *a*, *d*, *c*, *e* (fig. 85) ;
- 2° Deux rails coudés A, B ;
- 3° Quatre contre-rails C, D, E, F, formant deux pièces distinctes.

Ces différentes pièces sont posées sur châssis ou sur traverses seulement.

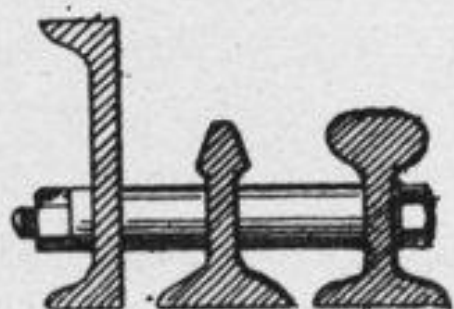


Fig. 86. — Coupe suivant GH de la figure 85.

69. Remarques. — Les traversées et les croisements se désignent, soit par l'angle aigu formé par les pointes, soit par une ligne trigonométrique de cet angle facile à mesurer, de telle sorte que, lorsqu'un appareil est usé, l'employé de la voie puisse se rendre compte du type à appliquer.

Il n'est guère possible de n'avoir qu'un type pour les traversées et les croisements ; les circonstances locales forçant souvent les angles et le tracé. Mais, du moins, pour la facilité des remplacements et l'économie de l'entretien, on cherche à réduire ces types au minimum.

C'est ainsi que le Nord, l'Est et l'Ouest français n'en ont plus aujourd'hui que deux, ceux de 5°30 et de 7°30. D'autres compagnies en ont un nombre plus considérable, notamment la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée.

Malgré toutes les précautions prises, les traversées obliques constituent toujours des points dangereux, non pas tant au point de vue du fonctionnement des appareils, qu'à celui de l'aiguillage.

En effet, deux trains marchant à la rencontre l'un de l'autre, sur deux voies différentes, ne peuvent pas s'apercevoir et régler leur vitesse d'après leurs positions respectives.

Le danger est bien conjuré en principe, comme nous le verrons, au moyen des signaux, mais les mécaniciens peuvent ne pas les apercevoir, et, en outre, ces signaux imposent un ralentissement et quelquefois un arrêt complet, de sorte que le service serait presque impossible, si le point dont il s'agit était soumis à une circulation active, comme par exemple, dans une gare.

Dans ce cas, on cherche à éviter les traversées obliques, ou à les reporter plus loin, par une disposition particulière des voies de garage, les unes par rapport aux autres.

70. Changements de voie. — On appelle changements de voie des appareils qui servent à faire communiquer une voie avec deux ou trois autres.

Lorsque la voie principale se ramifie en deux autres, le changement de voie est dit simple ; il est double, lorsque la voie

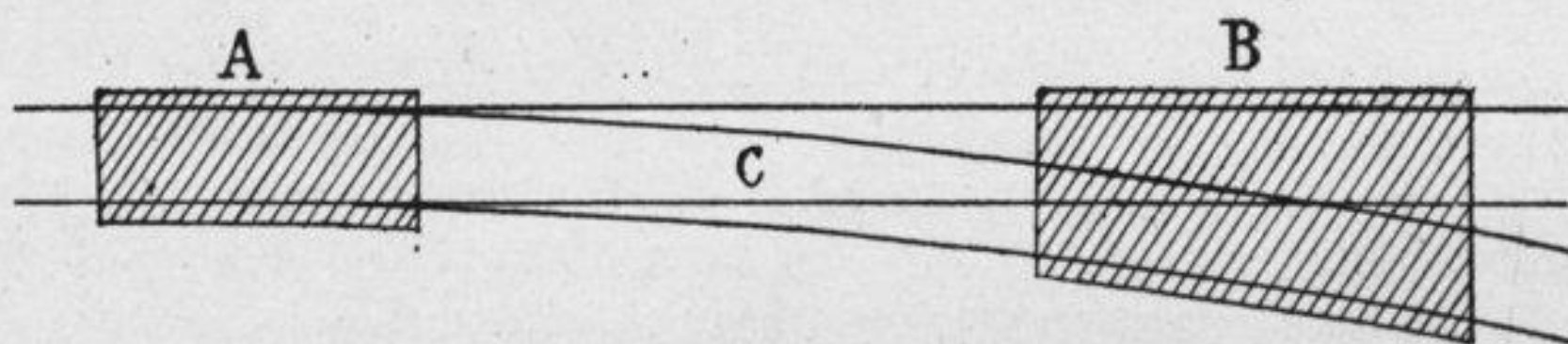


Fig. 87.

principale sert de départ à trois autres voies.

On distingue trois parties dans le changement simple, savoir (fig. 87) :

- 1° Le changement proprement dit A.
- 2° Le croisement B.
- 3° Les voies de raccordement C.

Dans un changement double, on distingue cinq parties, savoir (fig. 88) :

- 1° Le changement double (1).
- 2° Le croisement symétrique (2)
- 3° Le croisement doublé (3).
- 4° Le premier raccordement (4).
- 5° Le second raccordement (5).

Les changements doubles n'étant presque pas employés, nous étudierons principalement les changements simples.

Un changement simple peut être avec

dévi-
 tion à droite (*fig. 87*), ou avec dévia-
 tion à gauche (*fig. 89*), ou bien il peut
 être symétrique (*fig. 90*)

Le tracé d'un changement de voie suit
 une courbe en arc de cercle sensiblement
 tangente à la voie primitive au point de

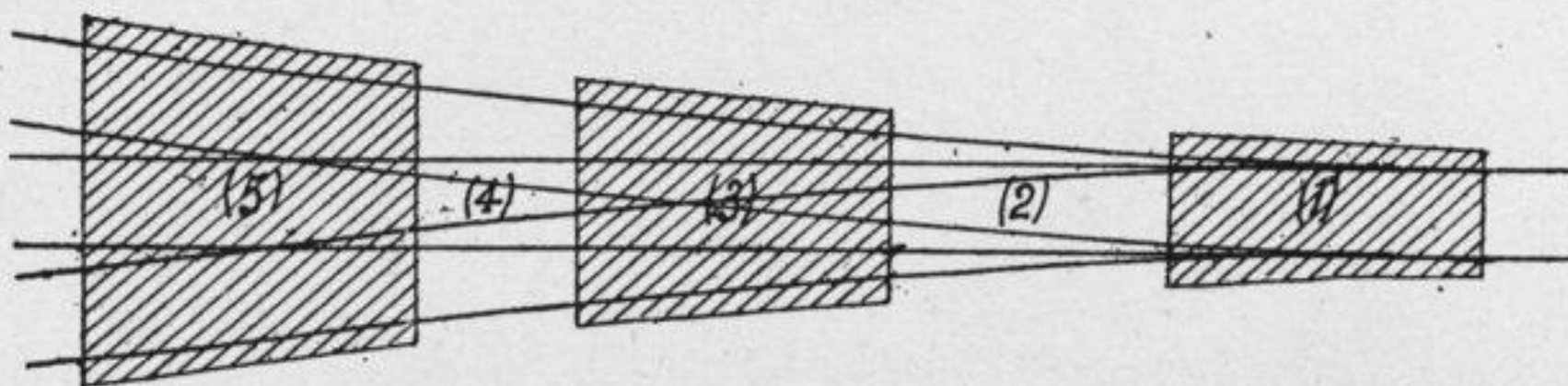


Fig. 88.

bifurcation. Il en résulte que tous les élé-
 ments de l'appareil sont la conséquence
 du rayon de la courbe.

Le rayon maximum des courbes de rac-
 cordement a été fixé à 300 mètres, d'après
 le calcul et l'expérience; le rayon mini-

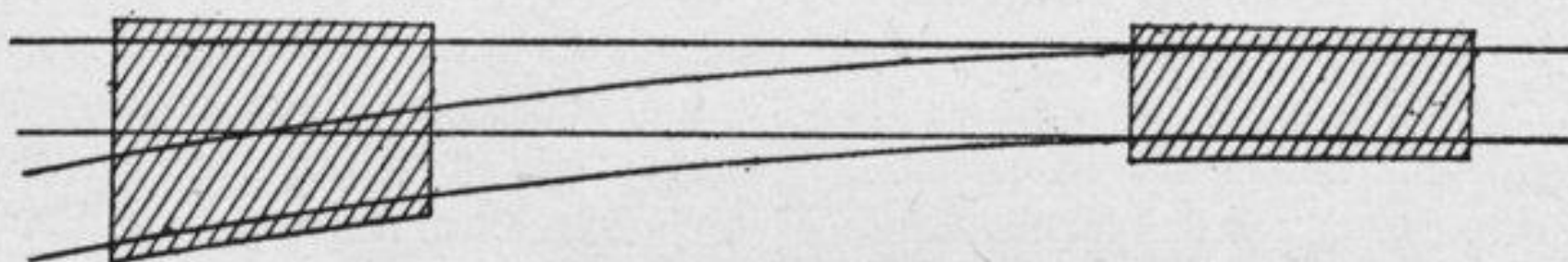


Fig. 89.

mum a été limité à 180 mètres; toutefois,
 pour des voies de garage ne devant servir
 qu'à des wagons isolés, ce rayon peut être

abaissé à 100 mètres. Bien que l'angle de
 croisement varie avec le rayon adopté
 pour la courbe, on a réduit, dans la pra-

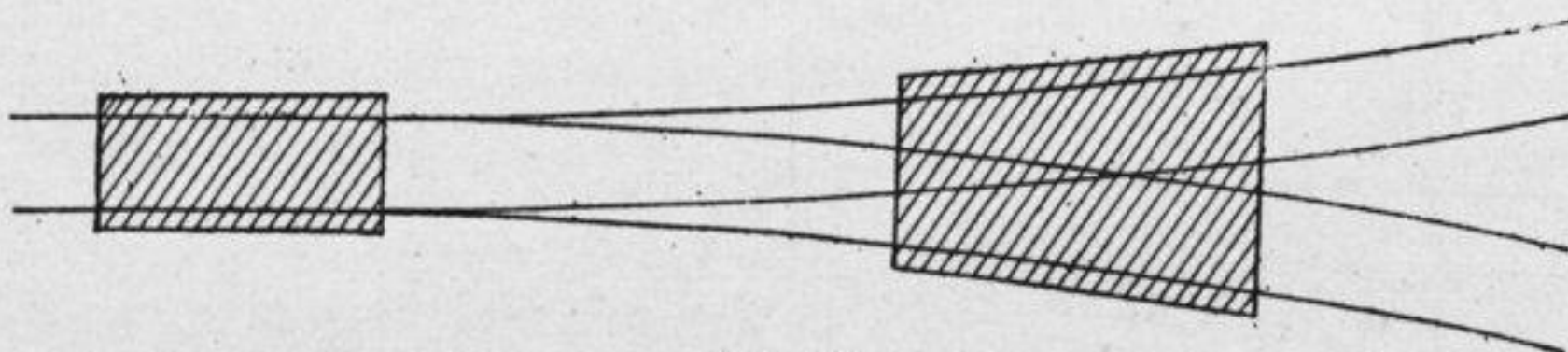


Fig. 90.

tique, le nombre des appareils de croise-
 ment à deux types, l'un pour un angle
 de $5^{\circ}30'$, l'autre pour l'angle de $7^{\circ}30'$.

Les divers systèmes de changements de
 voie qui ont été imaginés, sont au nombre
 de trois, savoir :

- Le changement à rails mobiles ;
- Le changement à contre-rails mobiles ;
- Le changement à aiguilles.

71. Changements à rails mobiles. — Le
 procédé le plus simple pour constituer un
 changement consiste à rendre mobiles les
 deux rails du tronçon commun les plus
 voisins de la bifurcation. Les rails A B

et A' B' sont mobiles autour des axes A
 et A' placés à leur extrémité. Des trin-
 gles rendent ces deux rails solidaires et
 les maintiennent parallèles (*fig. 91*).

Les rails sont placés sur des traverses
 bien dressées sur des longrines ser-
 vant d'appui aux traverses, et sur les-
 quelles ils peuvent glisser.

Cet appareil est celui qui a été le plus
 anciennement employé, et il paraît, à
 priori, très avantageux, car il peut s'adap-
 ter à un nombre quelconque de voies ra-
 mifiées, mais il a l'inconvénient de pré-
 senter une solution de continuité qui peut

être une cause d'accidents si les rails ne sont pas amenés en temps utile sur la voie à desservir.

Pour cette raison, on a abandonné ce système dans les chemins de fer ; toutefois, il est encore appliqué dans les usines mi-

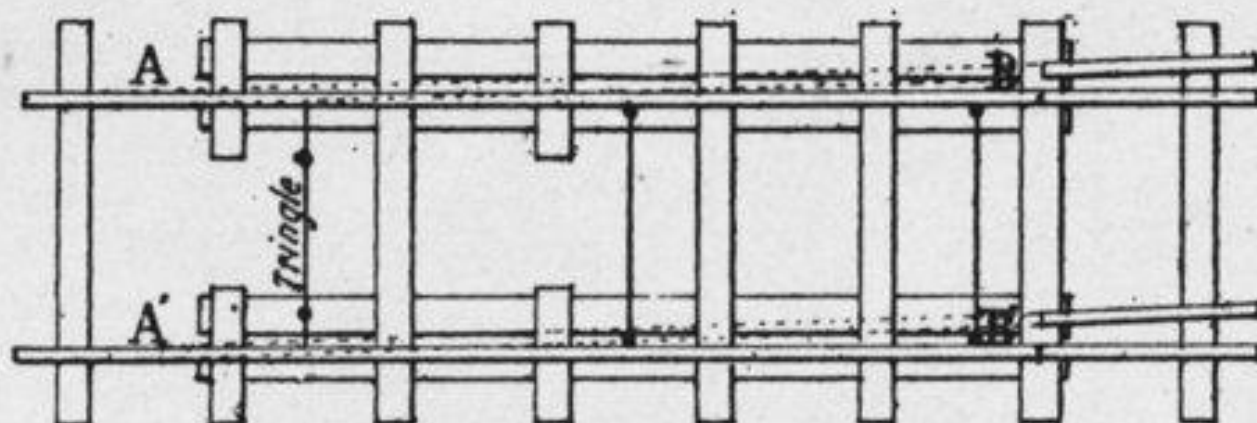


Fig. 91.

nières, sur les chantiers de terrassement ; enfin, on pourrait être amené à s'en servir en campagne à cause de sa simplicité et de sa facilité de construction.

72. Changements à contre-rails mobiles.

— L'appareil à rails mobiles ayant été rejeté, fut remplacé par l'appareil à contre-rails mobiles.

Ce dernier se composait de deux contre-rails ABC, A'B'C', reliés par des entretoises et mobiles autour de deux axes A et A'. Les rails intérieurs de la voie, à l'endroit de la bifurcation, étaient coupés en forme de pointe, parallèlement à chacun des rails extérieurs. On peut se rendre

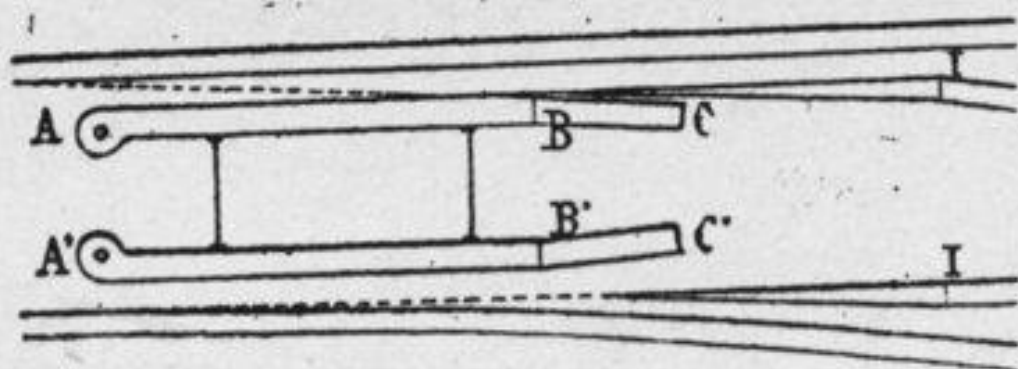


Fig. 92.

compte, à simple inspection de la figure 92, comment l'on pourrait à volonté établir la communication avec la voie de droite ou avec celle de gauche, en tirant l'appareil à droite ou à gauche.

Ce système avait l'avantage que, si par hasard les différentes pièces n'étaient pas bien placées, il ne s'ensuivait pas forcément un déraillement, comme avec l'appareil précédent. Néanmoins, il avait l'inconvénient de présenter une lacune beaucoup

trop grande entre les points de tangence et les pointes des rails tranchés. Cette lacune dépassait 5 mètres de longueur pour un rayon de 300 mètres, pour la diminuer, on renonça au raccordement tangentiel, et on posa le changement en déviation. On arriva ainsi à pallier en partie à l'inconvénient, mais non à le faire disparaître, car la lacune présentait encore une longueur de 2 mètres, aussi ne pouvait-on franchir le changement qu'avec une vitesse très réduite.

Malgré ses inconvénients, cet appareil fonctionna néanmoins assez longtemps ; mais il est complètement abandonné depuis que l'on a découvert les changements à aiguilles.

73. Changements à aiguilles. — Ce système a été dit à aiguilles parce que les rails coupés présentent leurs pointes longues et effilées, du côté du tronc commun, au lieu de les présenter du côté de la bifurcation comme dans les autres systèmes.

Les deux rails intérieurs ont été rendus mobiles autour d'axes A et A', situés à 5 mètres de la bifurcation, et coupés de manière à s'appliquer exactement contre l'un ou l'autre des deux rails extérieurs. L'appareil a été rendu solidaire par des tiges rigides appelées tringles de connexion, qui établissent entre les aiguilles un mouvement de déplacement simultané. Les tringles sont droites ou articulées ; elles sont quelquefois recouvertes d'un couvre-tringle pour empêcher qu'elles ne soient

accrochées ou faussées pendant la circulation (*fig. 93 et 94*).

Dans les premières applications du chan-

gement à aiguilles, ces dernières étaient inégales; l'aiguille la plus courte se trouvait placée du côté de la voie oblique, et sa

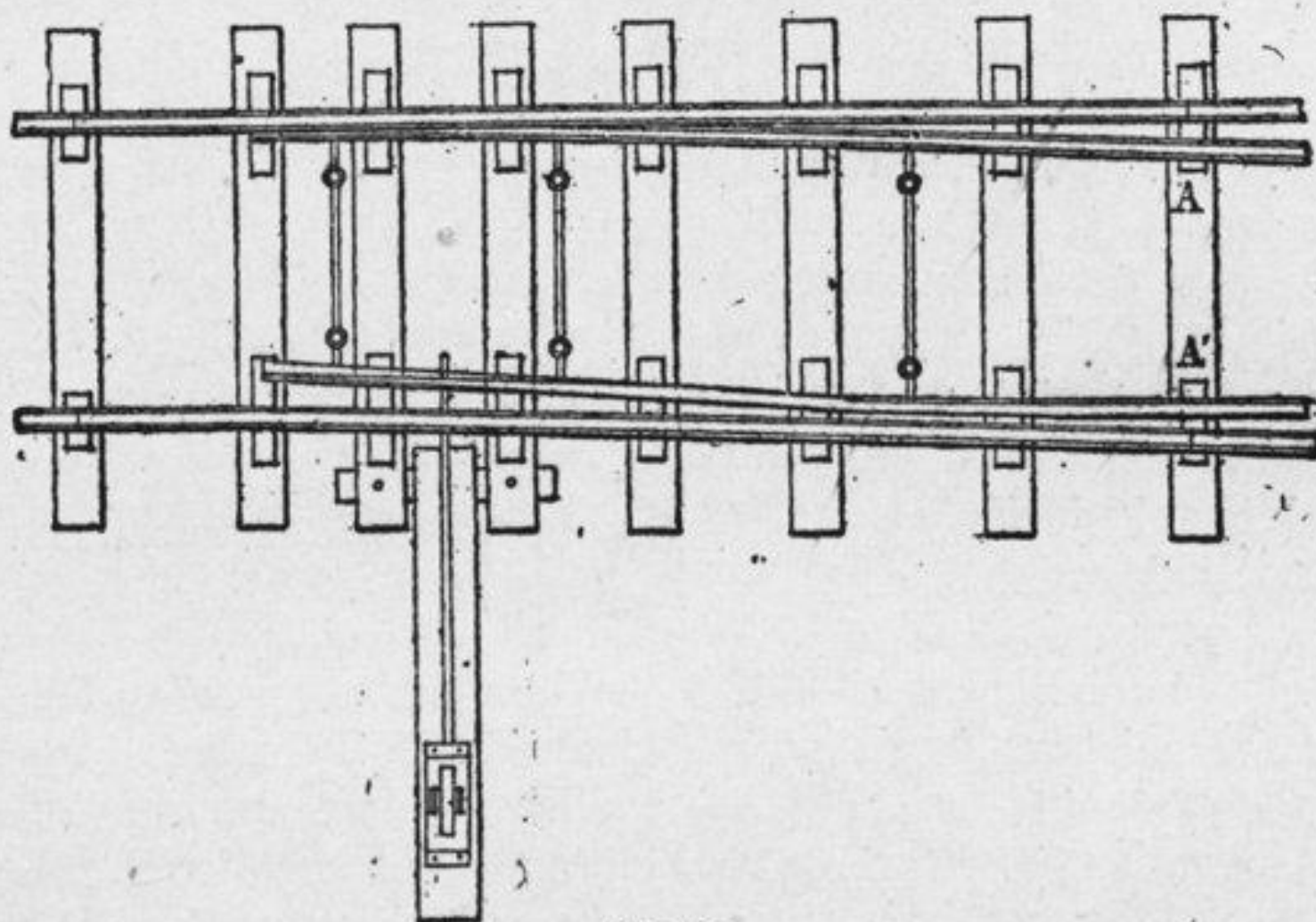


Fig. 93.

pointe était protégée par un contre-rail disposé parallèlement en rail extérieur (*fig. 95*).

En effet, il est facile de se rendre compte

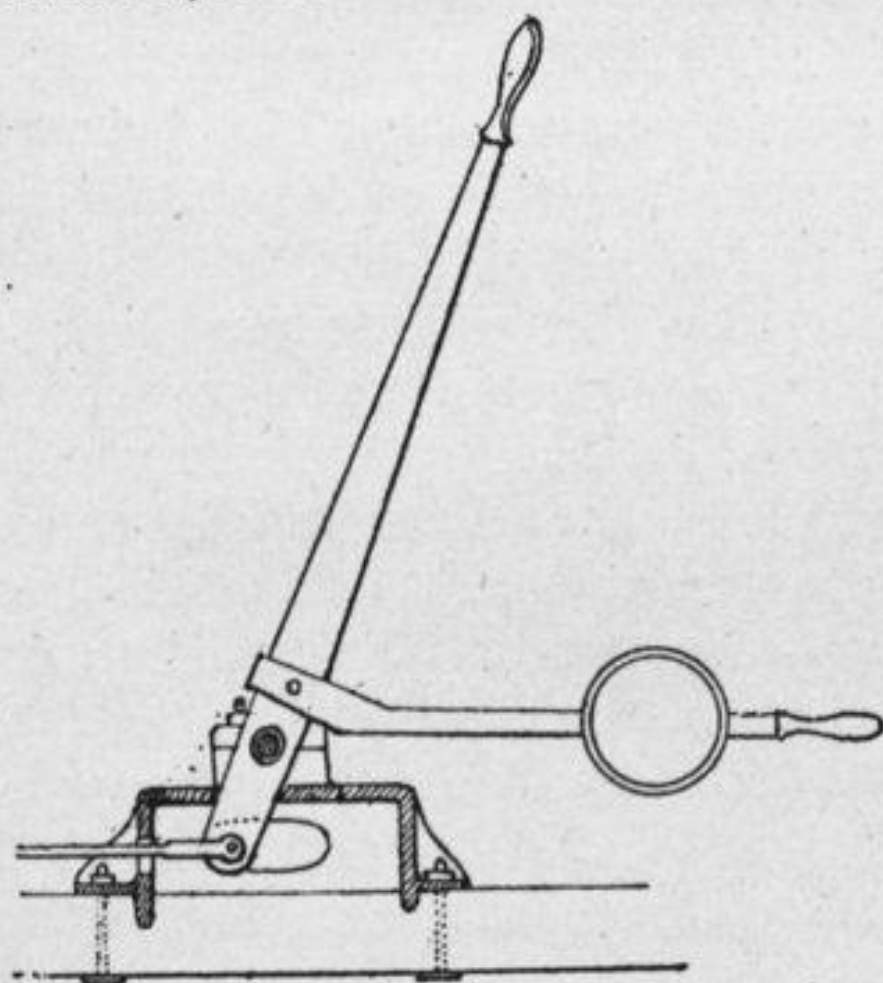


Fig. 94.

que les véhicules venant du tronc commun, heurtent par leurs mentonnets la pointe de l'aiguille pour peu qu'elle soit en saillie; le contre-rail empêchait cet inconvénient de se produire, parce qu'il serrait contre son rail la roue conjuguée de celle qui abordait l'aiguille de déviation.

Aujourd'hui le système à aiguilles inégales a été abandonné, parce que l'on protège la pointe de l'aiguille en lui donnant une forme telle, qu'elle puisse se loger sous le champignon de son rail; dès lors il n'y avait plus lieu de conserver le changement à aiguilles inégales, car il avait le double inconvénient d'exiger deux modèles diffé-

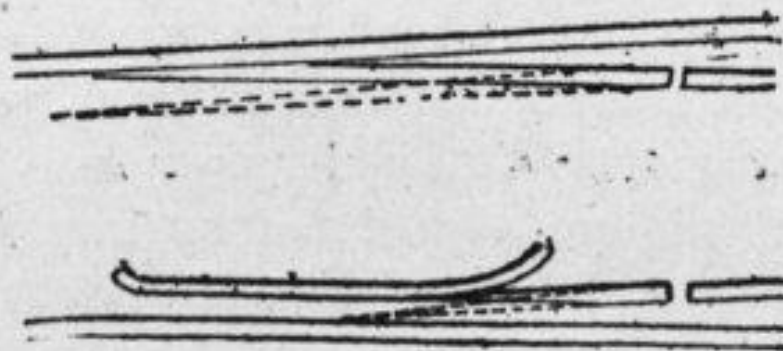


Fig. 5.

rents, l'un pour la déviation à droite, l'autre pour la déviation à gauche, et d'obliger à élargir la voie de trois centimètres, ce qui était une cause de déraillement. Les aiguilles inégales ont été réservées pour les changements à trois voies, ainsi que nous le verrons plus loin.

Si l'on avait voulu raccorder les voies tangentiuellement, il aurait fallu employer des aiguilles de huit à dix mètres de longueur, plus ou moins, suivant le rayon

de la courbe, ce qui aurait rendu le système coûteux et difficile à manœuvrer.

Pour cette raison, on a renoncé au raccordement tangentiel et adopté des aiguilles d'une longueur uniforme de cinq mètres; pour prévenir leur flexion horizontale au passage des locomotives, on leur a fait prendre appui contre des butoirs fixés aux boulons des rails contre-aiguilles.

Théoriquement, la pointe de l'aiguille devrait être à la rencontre du bord intérieur du rail de la voie déviée, et du bord intérieur du rail de la voie principale; la pointe réelle se trouve à 0^m,40 ou 0^m,50 de ce point, afin de conserver 15 millimètres d'épaisseur au bout de l'aiguille.

L'extrémité de l'aiguille autour de laquelle se fait la rotation s'appelle le *talon*.

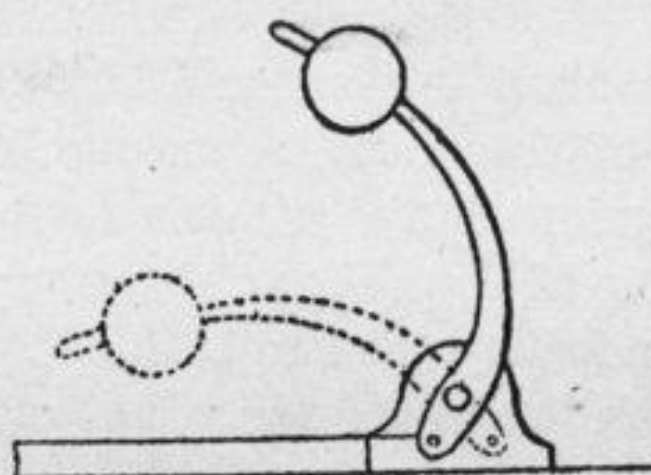


Fig. 96.

Les aiguilles sont mises en mouvement et maintenues dans une position déterminée au moyen d'un levier dont le grand bras reçoit une impulsion que lui imprime l'aiguilleur. Dans la plupart des cas, le grand bras du levier se meut dans un plan perpendiculaire à l'axe de la voie, et l'extrémité du petit bras est reliée par une articulation à la tringle de manœuvre.

Anciennement, les leviers étaient recourbés avec un contre-poids fixe à l'extrémité (fig. 96).

Le système avait l'inconvénient de ne donner qu'une position d'équilibre qui correspondait avec l'ouverture d'une des voies; l'aiguilleur était donc obligé de tenir le levier pendant tout le temps qu'un train dirigé sur l'autre voie passait sur l'aiguillage.

Actuellement, le levier est droit et l'on ajoute à son action celle d'un contre-poids

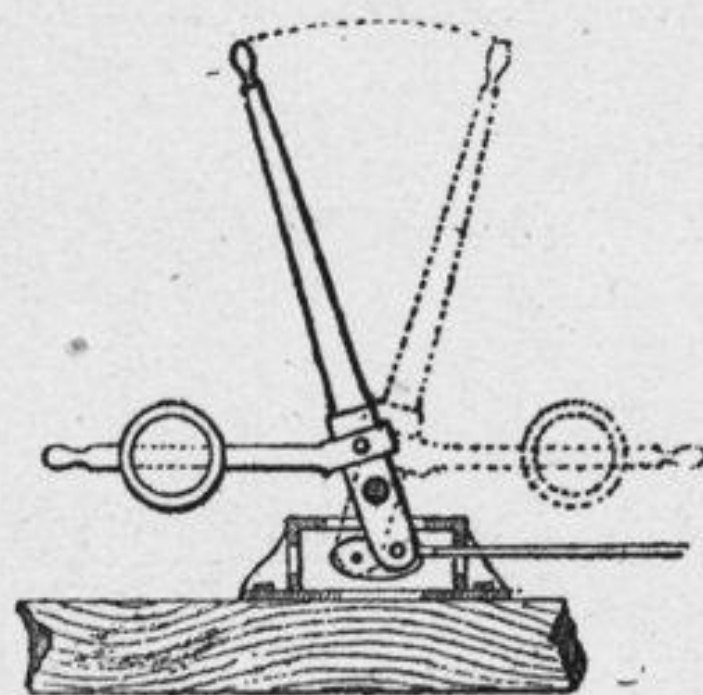


Fig. 97.

mobile, qui a une position d'équilibre pour chaque voie. De cette façon, le même aiguilleur peut manœuvrer plusieurs aiguillages presque simultanément (fig. 97).

La boîte de manœuvre de l'appareil est placée soit sur une traverse spéciale assemblée aux deux traverses du changement, soit sur deux petits traversins fixés sur le prolongement de deux traverses de l'appareil.

La nécessité de conserver partout à la voie sa largeur normale a obligé, dans les changements de voie en déviation, à couder le rail contre-aiguille de la voie droite, et dans les changements symétriques, à couder les deux rails contre-aiguilles. Ce coude est de 11 millimètres sur une longueur de 50 centimètres, dans les changements en déviation, et de 5 millimètres 5 sur une longueur de 50 centimètres, dans les changements symétriques.

Les trains circulant sur les voies principales prennent habituellement les aiguilles en talon, circonstance favorable, non seulement à la conservation des aiguilles, mais aussi à celle de la pointe du croisement, qui est également prise en talon.

Dans ce cas, un train de la voie principale qui trouve les aiguilles mal faites se fraye un passage vers le tronc commun, par l'action des mentonnets des roues qui ramènent les aiguilles à la position normale.

Cette manœuvre se fait couramment en Angleterre, et, c'est de là que lui vient le nom d'*aiguille faite à l'anglaise*; elle est beaucoup moins usitée en France, parce qu'elle tend à faire fléchir et à déformer l'aiguille et la voie suivie par le train.

Les dispositifs de changements à aiguilles sont variables, suivant les compagnies de chemins de fer, en ce qui concerne la construction et l'installation.

Celui dont nous avons donné le croquis (fig. 93) plus haut, est en usage dans la compagnie de l'Est. Il est construit presque entièrement avec des traverses ordinaires; les seuls bois spéciaux qu'il comporte étant les longrines qui relient entre elles les traverses du croisement, et un blochet servant à relier aux traverses de l'aiguillage, celle qui supporte la boîte de manœuvre. C'est ce dispositif que nous croyons le meilleur au point de vue militaire, car tous les autres comportent des bois spéciaux, de longueurs assez considérables, et par conséquent difficiles à se procurer à la guerre.

74. Changement à trois voies. — Les changements triples sont presque toujours symétriques.

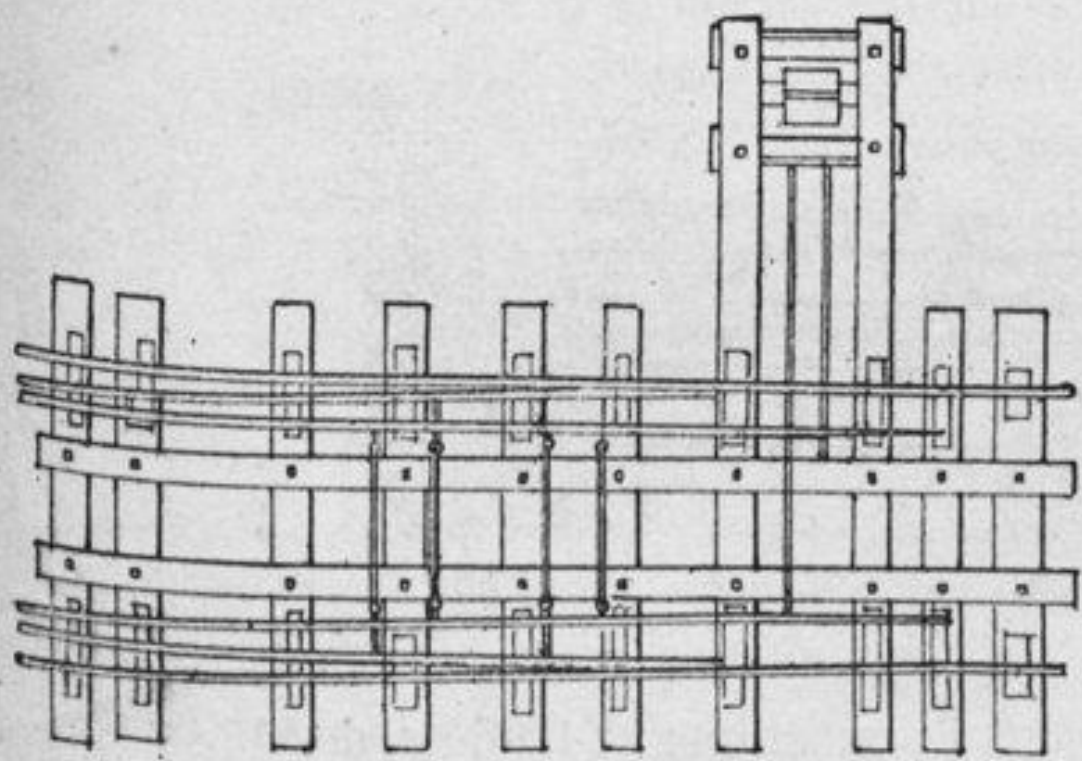


Fig. 98.

L'appareil se compose de deux changements simples à aiguilles inégales, chaque aiguille, en se déplaçant, ouvre soit la voie de droite, soit la voie de gauche; la voie du milieu est ouverte lorsque les aiguilles intérieures sont toutes deux rapprochées de l'axe de l'appareil (fig. 98).

Les changements à trois voies sont dangereux et coûtent un changement de plus que deux changements à deux voies; pour cette raison, on ne les emploie guère que là où la place manque pour faire deux changements successifs. Le premier changement simple, permet, par exemple, de faire passer le train de la voie de droite à celle du centre, et le deuxième changement, de faire passer le train de la voie centrale à la voie de gauche.

75. Plaques tournantes. — Lorsque l'on n'a à faire passer d'une voie sur une autre que des véhicules isolés, comme par exemple dans les gares, il est plus avantageux d'employer les plaques tournantes que les changements de voie, qui conviennent surtout pour faire passer des trains entiers d'une voie sur une autre.

Les plaques tournantes servent en outre à retourner le sens de la marche des locomotives et de certains wagons spéciaux.

La manœuvre de ces appareils se fait à bras d'hommes ou par des chevaux.

Une plaque tournante se compose d'un ou plusieurs tronçons de voie, de longueur au moins égale à l'écartement des essieux extrêmes des véhicules; ces tronçons sont mobiles autour d'un axe vertical et permettent par suite d'établir une communication immédiate entre des voies dont les axes concourent respectivement en axes verticaux de rotation (fig. 99).

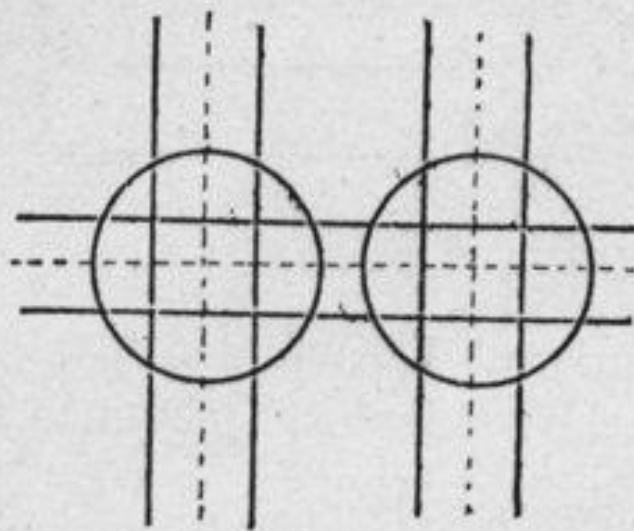


Fig. 99.

Les plaques tournantes servent surtout à mettre en communication plusieurs voies parallèles par l'intermédiaire d'une voie transversale. Il faut alors au-

tant de plaques tournantes qu'il y a de voies parallèles.

Généralement, la voie transversale est normale aux précédentes et l'on met sur chaque plaque deux tronçons de voie à

angle droit, ce qui abrège beaucoup les manœuvres, la plaque étant ainsi toujours prête à recevoir un wagon de quelque côté qu'il se présente.

Les diamètres des plaques tournantes

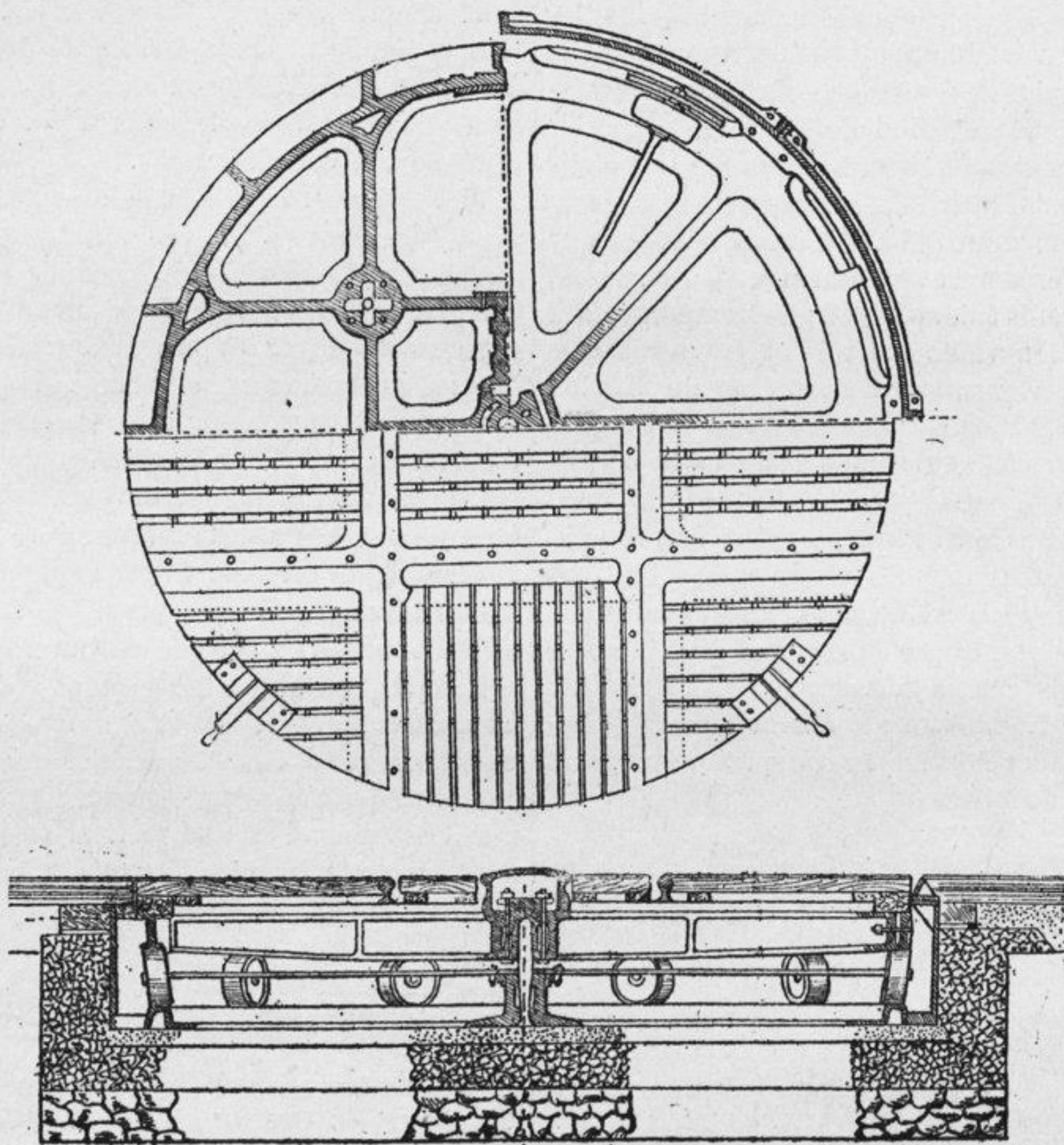


Fig. 100.

varient suivant l'écartement des essieux extrêmes des véhicules. En France, ils sont à peu près les suivants :

Pour les wagons à marchandises, de 3^m,00 à 3^m,50.

Pour les wagons à voyageurs, de 4^m,00 à 4^m,50.

Pour les machines seules, de 5^m,20 à 6^m,00.

Pour les machines et tenders, de 11^m,00 à 14^m,00.

Ces dernières plaques tournantes sont plus particulièrement désignées sous le nom de ponts tournants.

Une plaque tournante comprend quatre parties principales (*fig. 100, plan et coupe*) :

1° Un plateau inférieur ou croisillon

qui porte un cercle de roulement ; pour les plaques de 4 à 6 mètres, il est fait de plusieurs parties, qui sont assemblées avec soin pour donner à cette base la rigidité nécessaire.

Dans le principe, le croisillon reposait sur une fondation en maçonnerie, mais celle-ci se disloquait, et l'on reconnut qu'il était préférable d'établir la plaque sur ballast, comme le reste de la voie.

2° Une cave ou cloison circulaire, qui isole la plaque de la terre ou du ballast ; elle est formée de plusieurs segments réunis par des boulons. Le bord supérieur de la cuve est échancré pour livrer passage aux roues et pour recevoir le verrou ou loquet qui sert à maintenir la plaque dans une position déterminée.

3° Les supports du plateau mobile, pivots et galets. Le centre du croisillon affecte généralement la forme d'un moyeu qui sert de crapaudine à un pivot fixé au plateau mobile ; quelquefois, c'est le croisillon qui porte le pivot, et le plateau mobile qui porte la crapaudine.

Les galets tronconiques, qui ont leurs sommets tournés vers le pivot, sont pressés entre deux cercles de roulement ménagés sur le croisillon et sur le plateau mobile. Les axes des galets sont maintenus vers l'extérieur par un cordon circulaire ou polygonal, et vers l'intérieur ils sont reliés à une bague qui entoure le moyeu.

4° Un plateau mobile, qui se compose de poutres à angles droits, servant de supports aux rails, d'un certain nombre de bras qui relient ces poutres au pivot, d'un parquet en bois ou en fonte et d'une calotte qui recouvre le pivot.

76. Chariots de service. — La détérioration rapide des plaques tournantes et les accidents qu'elles peuvent occasionner si elles sont mal placées sur le passage d'un train, ont conduit les ingénieurs à rechercher un autre moyen de communication entre des voies parallèles.

L'une des dispositions les plus simples

imaginées dans ce but consiste à couper normalement toutes les voies par une fosse de 0^m,80 à 1^m,00 de profondeur au fond de laquelle on place deux rails. Sur ceux-ci, on fait circuler un chariot portant un tronçon de voie, destiné à être mis successivement dans le prolongement des diverses voies parallèles (fig. 101).

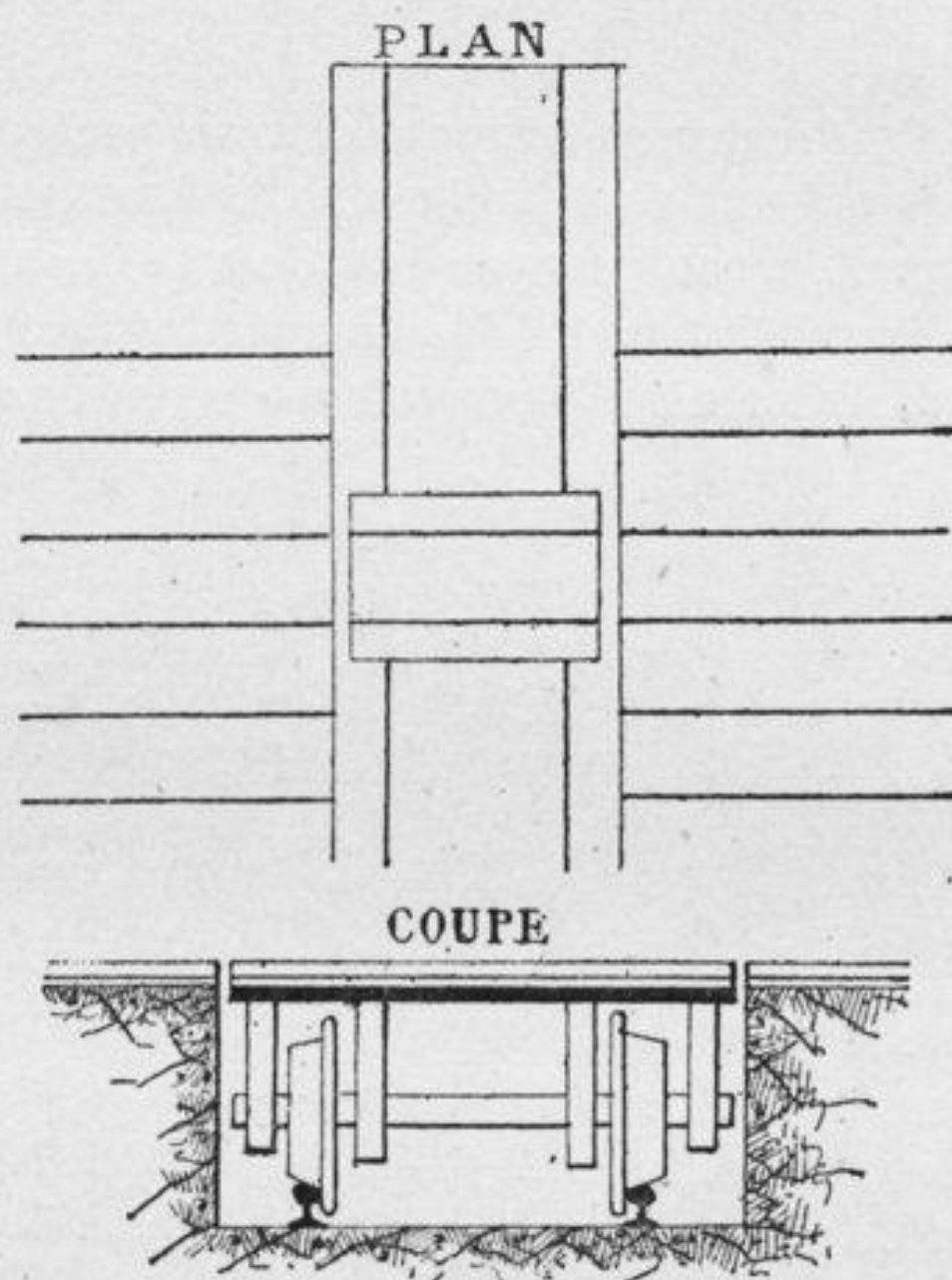


Fig. 101.

Cette disposition fonctionne très bien, mais elle a l'inconvénient d'exiger une fosse relativement profonde et qui gêne la circulation. On ne pouvait songer à réduire le diamètre des roues, car alors le frottement de roulement eût été beaucoup trop grand, et la manœuvre difficile ; on fut donc amené à laisser les roues dépasser le tablier, ce qui permet de les faire suffisamment grandes sans avoir une fosse profonde.

La figure 102 donne une idée suffisante de cette disposition pour que nous puissions nous dispenser d'en faire la description.

La Compagnie française des chemins de fer l'Ouest a résolu le problème d'une

autre façon, en substituant à la fosse trois rainures n'ayant que la largeur nécessaire pour recevoir la roue du chariot.

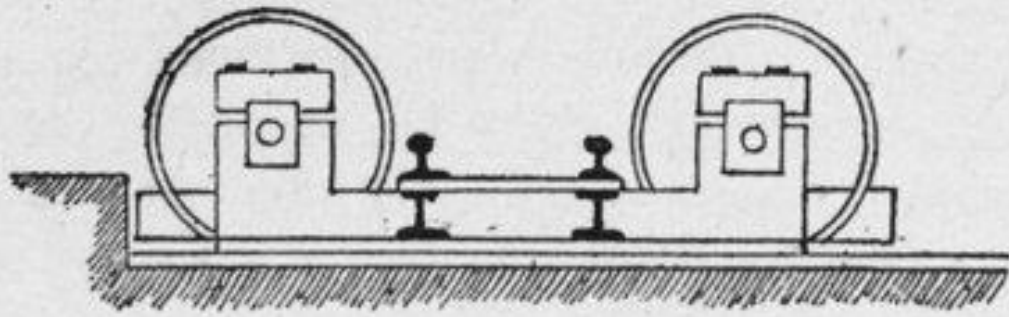


Fig. 102.

Ce dernier se compose de trois poutres portant une roue à chacune de leurs extrémités, par le moyen d'espèces de bielles à fourche amincies dans le sens transversal, de manière à pouvoir se loger dans

les rainures. Les trois poutres du chariot sont rendues solidaires au moyen des rails qui viennent s'assembler par-dessus (fig. 103). Ce système fonctionne bien, mais il a l'inconvénient d'être d'un entretien coûteux.

Tous ces systèmes de chariots ne peuvent convenir que pour des voies parallèles, comme dans les ateliers, mais ils sont inadmissibles pour les voies principales, parce qu'ils présentent des solutions de continuité qui seraient dangereuses.

Pour les voies principales, on a donc dû imaginer des chariots permettant de conserver ces voies intactes.

Pour cela, on a disposé la voie sur la-

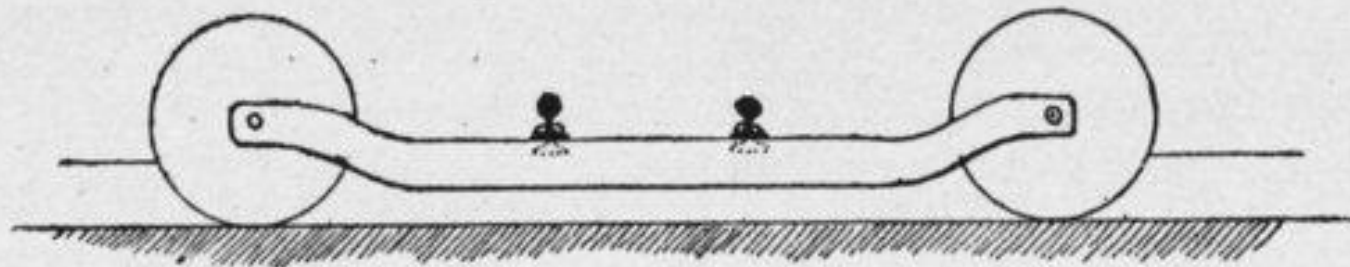


Fig. 103.

quelle se meut le chariot comme une traversée rectangulaire, c'est-à-dire en interrompant ses rails vis-à-vis chacun des rails des voies parallèles, et en les surélevant légèrement.

Pour déplacer le véhicule dans le sens transversal, il suffit alors de le soulever par un procédé quelconque d'une quantité au moins égale à la saillie des mentonnets, le surélévation du rail supportant le chariot. On conçoit facilement que le véhicule se trouvant soulevé de manière que ses mentonnets soient plus élevés que les rails supportant le chariot, ce premier peut être transporté parallèlement à lui-même.

Les procédés employés pour soulever le chariot sont, soit une pompe hydraulique, soit un système de plans inclinés.

77. Double rebroussement. — La marche d'une locomotive avec le tender en avant n'est autorisée que pour les trains à vitesse réduite et à petit parcours. De là nécessité de retourner la machine lors-

qu'on veut faire un trajet en sens inverse du premier.

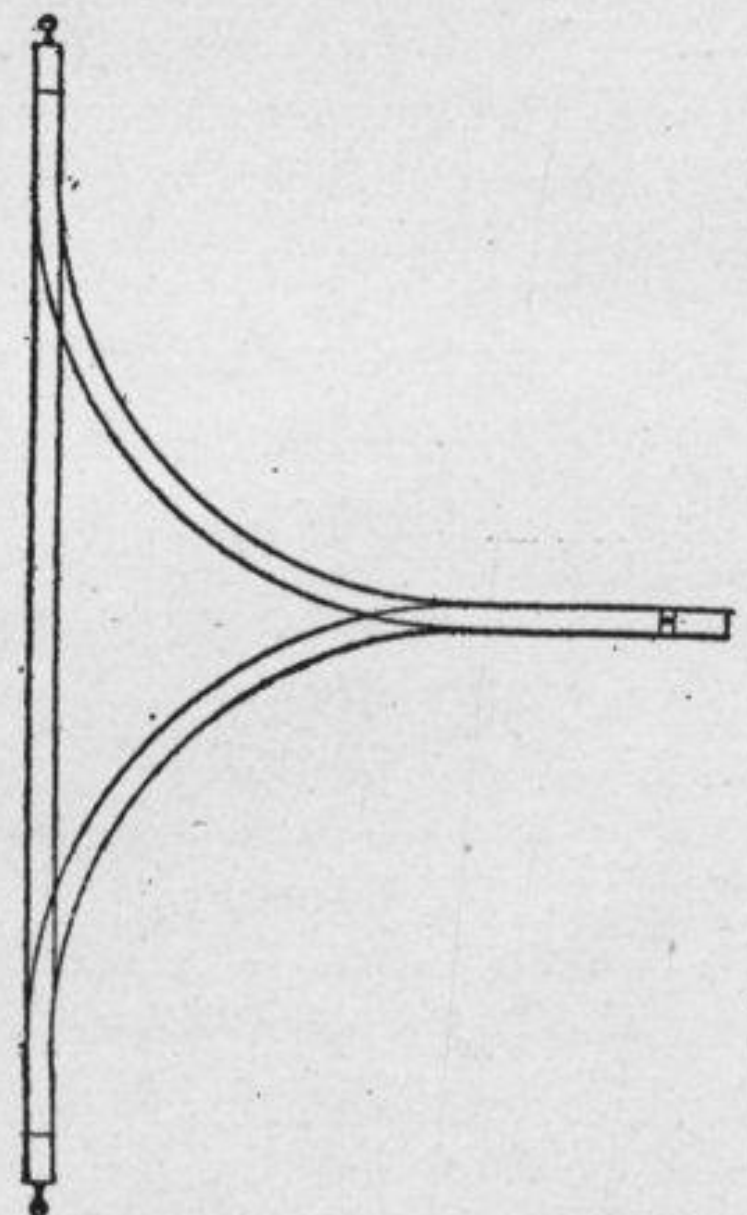


Fig. 104.

Nous avons vu que l'on peut employer des plaques tournantes pour opérer ce re-

tournement ; mais pour le cas particulier | à double rebroussement, dont la figure ci-
 des locomotives avec le tender, ces pla- | contre donne une idée suffisante pour
 ques doivent avoir jusqu'à 14 mètres de | que nous nous dispensons d'en faire la
 diamètre et sont par suite très coûteuses ; | description (*fig. 104*)
 aussi emploie-t-on quelquefois le dispositif

CHAPITRE IV

ACCESSOIRES DE LA VOIE

§ I. — GÉNÉRALITÉS

78. On désigne sous le nom d'acces- | heurtoirs, les appareils de levage, de pe-
 soires de la voie les arrêts mobiles, les | sage, d'alimentation, les signaux fixes.

§ II. — ARRÊTS MOBILES

79. *Arrêts mobiles.* — Les arrêts mo- | rapidement, même sur une pente modérée,
 biles ou taquets sont des appareils desti- | une vitesse considérable.

Ces appareils sont surtout indispen- | On conçoit combien il est important de
 sables lorsque les voies de garage sont en | se prémunir contre ces déplacements ac-
 pente vers un tronc commun appartenant | cidentels de véhicules isolés ; pour cela,
 à une voie principale, car un coup de tam- | plusieurs moyens sont employés : en Ita-
 pon ou un vent violent peut déplacer un | lie et en Espagne, on embarre les roues,
 véhicule isolé, et si celui-ci vient à fran- | en Allemagne on les cale ; dans d'autres
 chir le changement de voie, il peut s'en- | pays, on se contente de serrer les freins ;
 gager sur la voie principale en acquérant | en France, on place en travers de la voie
 un appareil, appelé taquet d'arrêt mobile
 et qui est manœuvré par l'aiguilleur.

Le taquet d'arrêt (*fig. 105*) se compose :

1° d'une traverse t , qui constitue l'obstacle proprement dit, et contre laquelle les boudins des roues viennent heurter ;
2° de deux montants fixés par deux char-

nières à une traverse ; 3° de deux arcs boutants servant à consolider les montants.

Lorsque l'appareil est baissé, la traverse

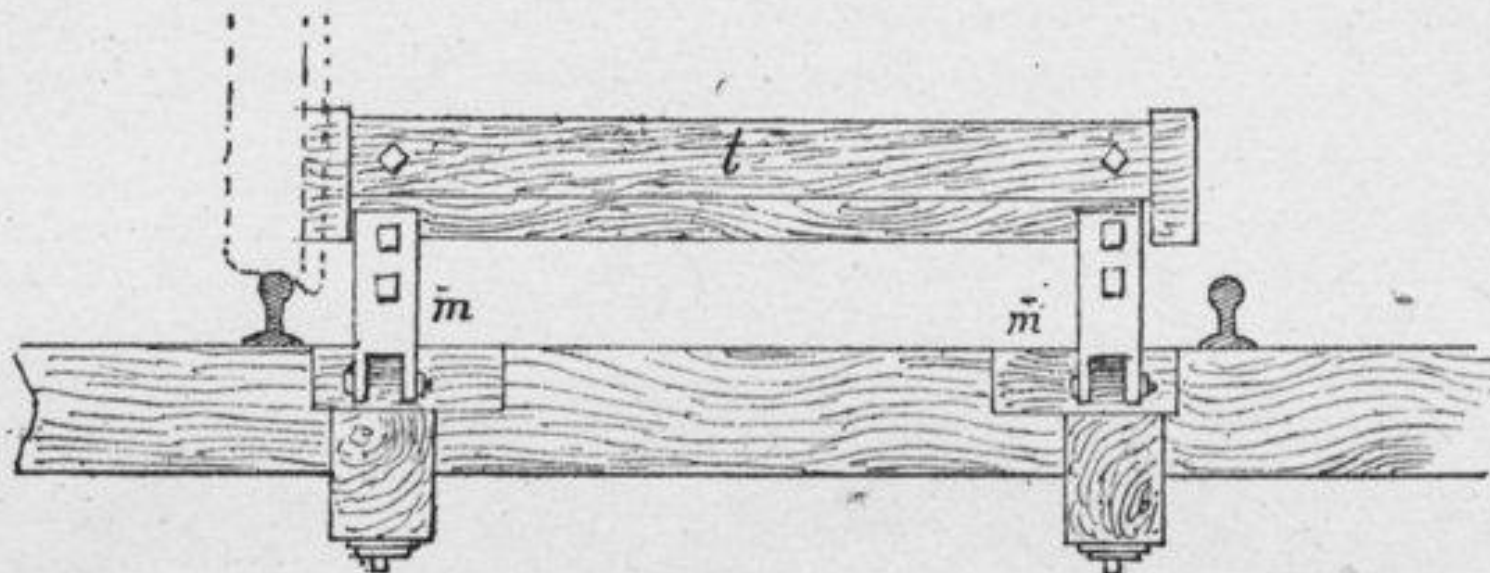


Fig. 105.

t , dont la longueur est égale à l'écartement dans œuvre des rails, se loge entre eux et au-dessous du niveau inférieur des boudins.

Au contraire, lorsqu'il est levé, sa saillie au-dessus des rails varie de 0^m,25 à

0^m,28 ; cette hauteur suffit généralement, car si elle laisse passer la première paire de roues, elle arrête la deuxième, par suite de la perte de vitesse due au premier choc.

§ III. — HEURTOIRS

80. Heurtoirs. — Les heurtoirs sont des obstacles fixes établis à l'extrémité des voies en cul-de-sac. Ces appareils sont plus ou moins solides, suivant que les voies à l'extrémité desquelles ils sont installés sont destinées à recevoir des wagons isolés ou des trains entiers refoulés à la machine, comme par exemple dans les voies de garage.

Un heurtoir se compose généralement d'un bâti en charpente noyé dans un massif en terre. Le bâti est formé par deux montants composés chacun de deux moises. Chaque montant est soutenu par un arc-boutant dont l'extrémité inférieure est reliée à celle du montant par une semelle inclinée. Les deux montants sont reliés par des traverses horizontales ; deux de

ces traverses formant moises sont placées à la hauteur des tampons ; elles sont des-

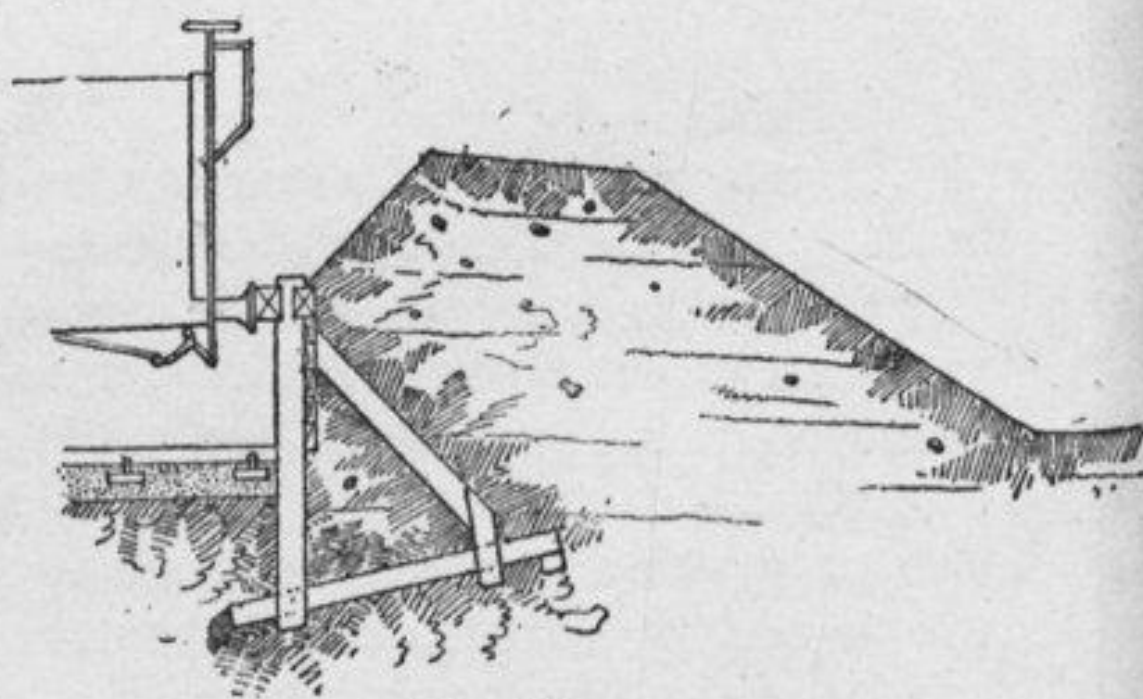


Fig. 106.

tinées à recevoir les chocs, les autres traverses soutiennent les terres (fig. 106).

§ IV. — APPAREILS DE LEVAGE ET DE PESAGE

1. Appareils de levage. — Les appareils employés dans les chemins de fer à la manœuvre des fardeaux, sont :

1° Les grues fixes ou pivotantes, parmi

lesquelles on distingue les grues à révolution partielle et les grues à révolution complète (fig. 107).

Parmi les grues à révolution complète,

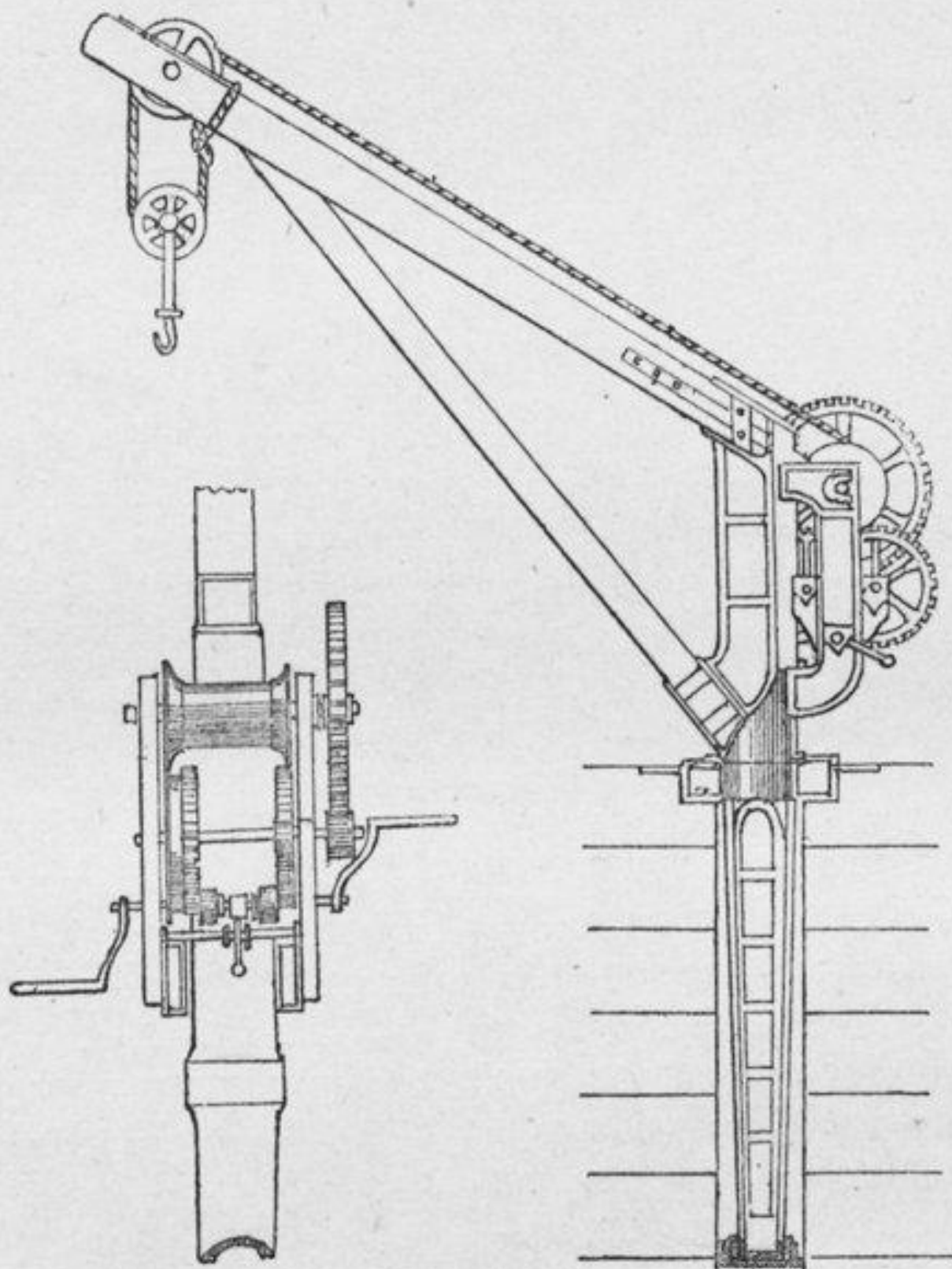


Fig. 107.

on remarque celles dont le pivot est maintenu à ses deux extrémités, et celles dont le pivot est établi dans un massif en maçonnerie et qui prennent leur résistance au-dessous du sol.

Ces grues sont placées soit sous des halles couvertes, soit dans la cour. Leur force varie de 3,000 à 8,000 kilogrammes.

2° Les grues roulantes ou grues Nepveu, employées pour des fardeaux d'un poids inférieur à 3,000 kilogrammes.

La grue roulante est montée sur deux paires de roues *a*, sur les arbres desquelles on suspend un triangle en fer supportant tout l'appareil. En *c* est un galet au niveau du sol. On déplace le fardeau en soulevant le treuil au moyen d'une pièce à poignée *d* (fig. 108).

Le bâti est maintenu en équilibre au moyen d'un contre-poids *b*, dont on fait varier le bras de levier d'après la charge appliquée à la flèche ; on peut augmenter

la force de cet appareil en le reliant aux rails de la voie au moyen de griffes.

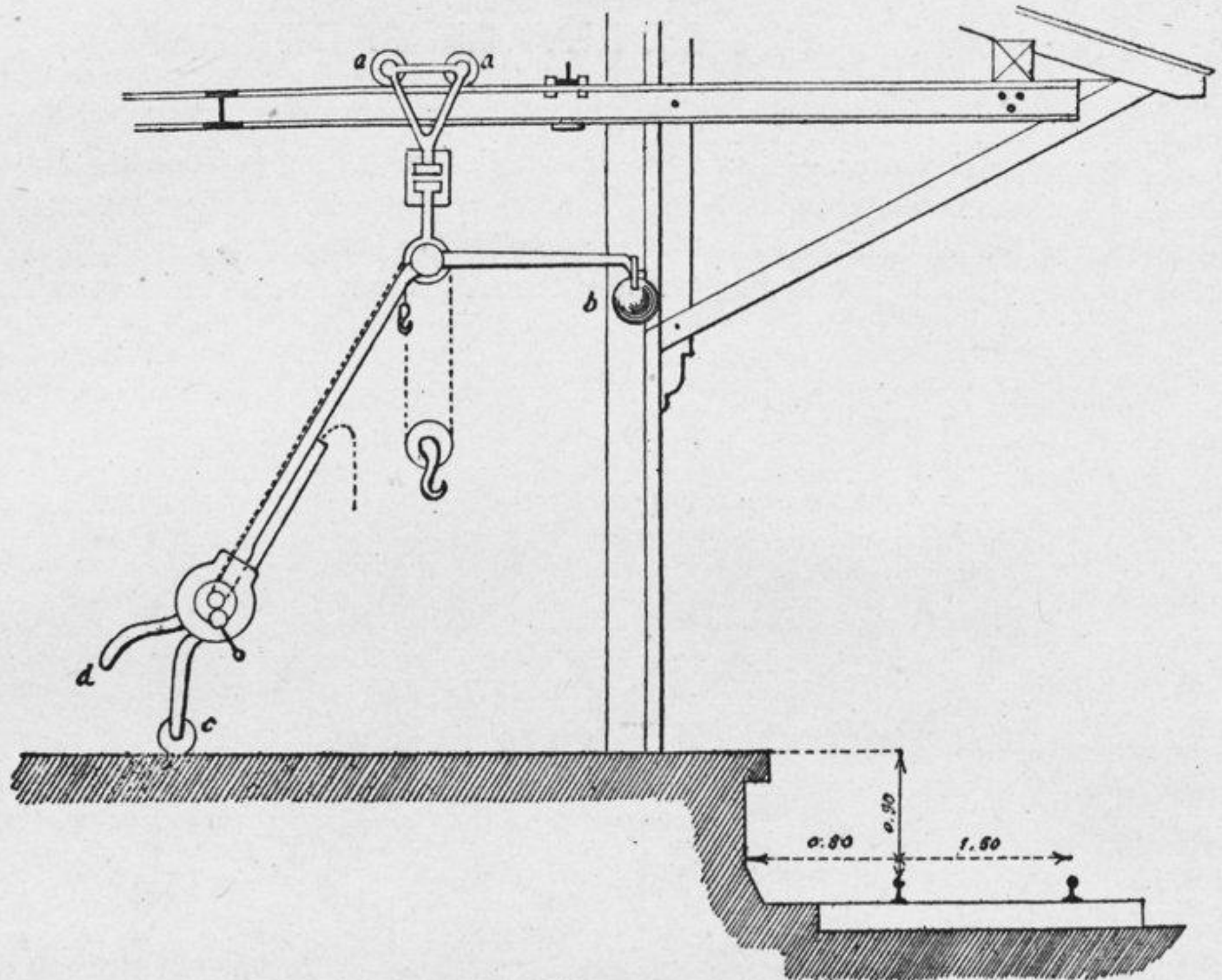


Fig. 108.

La grue roulante sert à la manœuvre des fardeaux dans les gares et sur les voies.

Les treuils chariots ou grues à pierres (fig. 109).

Cet appareil de levage se compose d'un treuil auquel est suspendu la charge à manœuvrer, et d'un chemin de roulage qui supporte le treuil de levage. Le chemin de roulement peut lui-même être supporté par un chariot se mouvant sur une voie établie à la surface du sol.

Les rails du chemin de roulage ont 12 mètres d'écartement, de manière à comprendre entre eux la voie ordinaire sur laquelle circulent les wagons à charger ou à décharger.

Ces appareils sont généralement mobiles dans les deux sens ; leur force est de 15 à 20 tonnes.

82. Appareils de pesage. — Les appareils de pesage installés sur les voies consistent principalement en ponts-basculés,

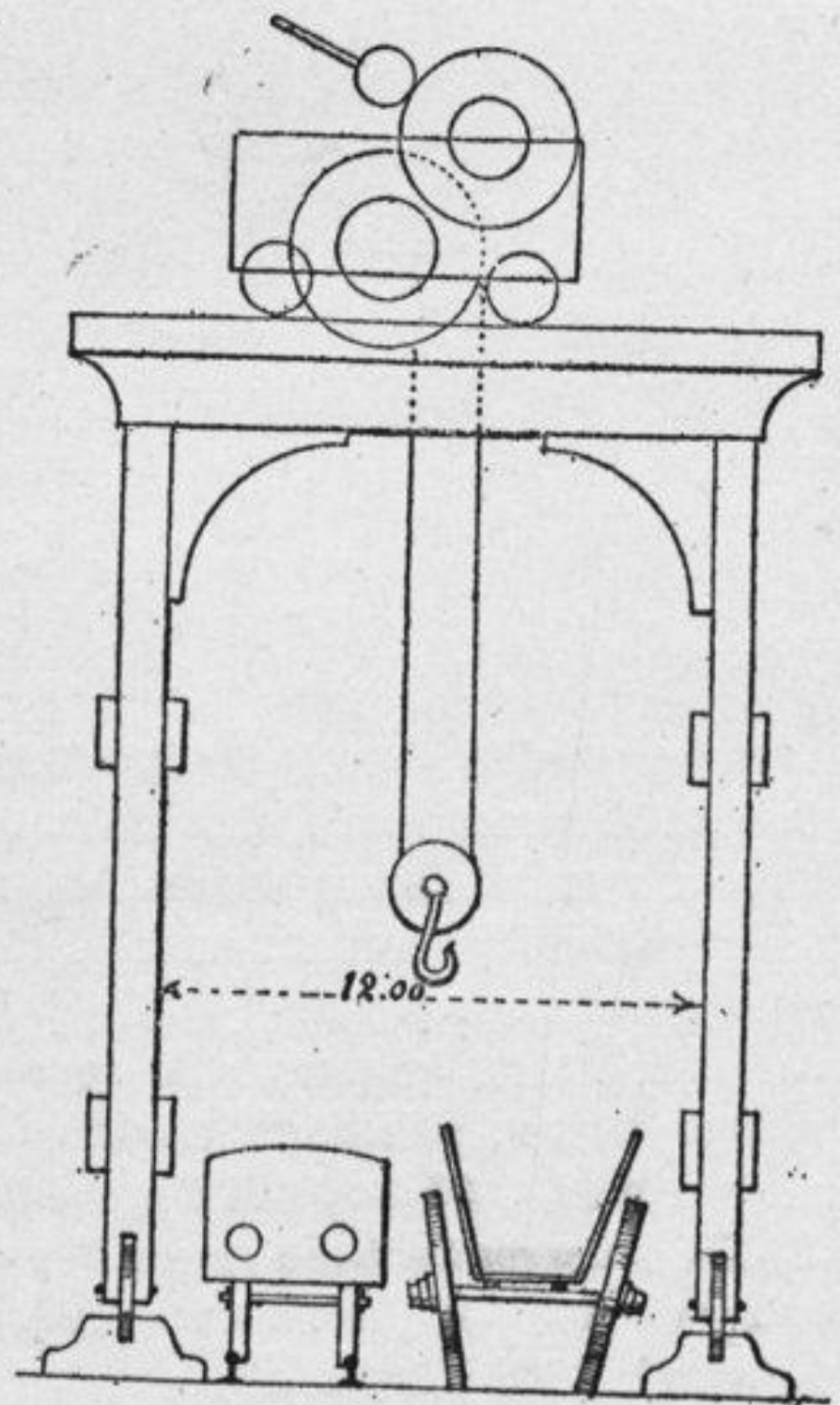


Fig. 109.

destinés à peser des wagons complets. Le pont, ayant les dimensions suffisantes pour recevoir un wagon, repose sur un système de leviers articulés, aboutissant

à un indicateur placé à proximité de l'agent préposé à la vérification des chargements.

§ V. — APPAREILS DE DISTRIBUTION D'EAU

83. Appareils de distribution d'eau. — Il est nécessaire de posséder, dans les gares, des réservoirs d'eau destinée à l'approvisionnement des machines.

La consommation d'eau, par une locomotive, varie de 3 à 4 mètres cubes par heure, suivant la vitesse de la marche.

La capacité des réservoirs est calculée d'après les données qui précèdent et d'après le nombre de machines à alimenter ; elle varie de 25 à 100 mètres cubes, mais cependant on en construit rarement de plus de 50 mètres cubes, et on préfère en faire deux de cette dernière capacité, si la consommation l'exige, qu'un de 100 mètres cubes.

L'eau est prise dans un puits ou dans une rivière, et refoulée par des pompes dans les réservoirs. Ceux-ci ont généralement leur partie inférieure à 5 mètres au-dessus des rails, afin 1° de vaincre la résistance due au frottement dans les tuyaux ; 2° d'avoir une vitesse d'écoulement qui permette un prompt remplissage ; 3° d'avoir une pression assez considérable pour faciliter, dans les dépôts, le nettoyage des chaudières et le lavage des wagons.

Les réservoirs sont généralement de forme cylindrique et construits en tôle et rarement en fonte ou en maçonnerie (fig. 110). Une conduite va des pompes au réservoir, une autre conduite, qui peut se ramifier en plusieurs branches, amène l'eau du réservoir dans les appareils de dépense, c'est-à-dire soit dans les fontaines ordinaires placées dans la gare, soit dans les dépôts de locomotives, soit dans les co-

lonnes d'alimentation ou grues hydrauliques.

84. La grue hydraulique est une espèce

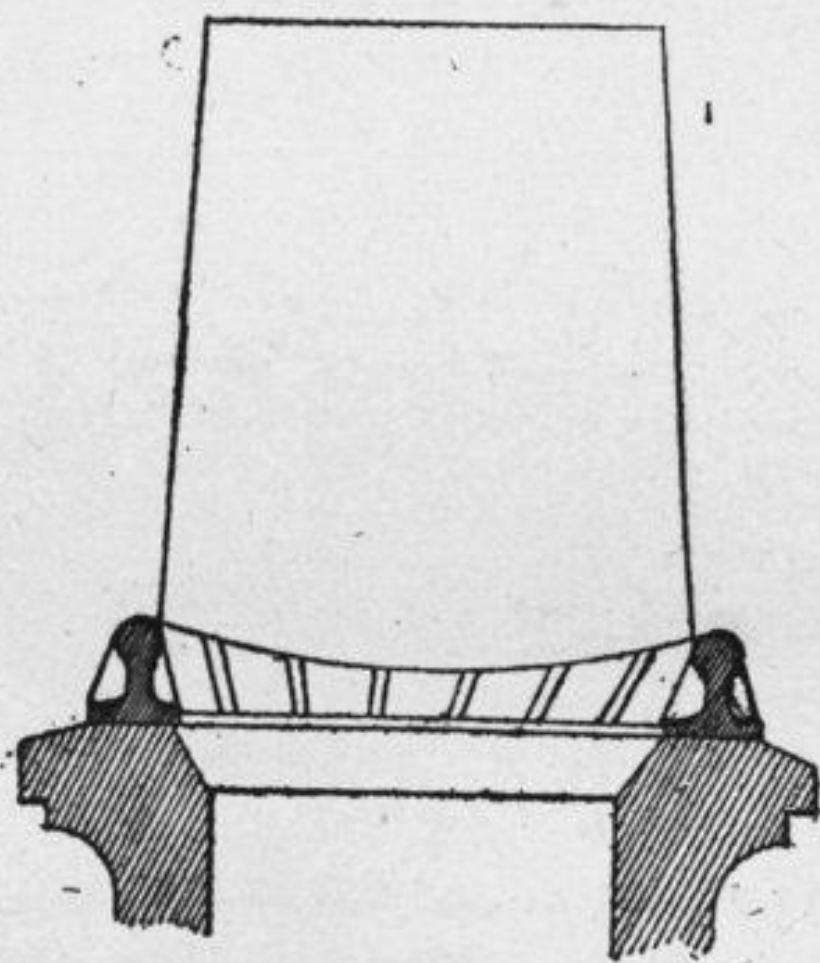


Fig. 110.

de fontaine à bras mobile autour d'un axe vertical (fig. 111).

La hauteur est de 3^m,50 à 4 mètres au-dessus des rails.

Cet appareil se compose essentiellement :

1° D'une colonne intérieure *a* en fonte creuse, à laquelle est adapté un bras *b*, et qui est susceptible de prendre un mouvement de rotation sur un tour complet, autour d'un pivot *c*.

2° D'une colonne extérieure *d*, qui sert à la fois à consolider la première, à la protéger contre les chocs et à la préserver de la gelée pendant l'hiver. Anciennement cette colonne était remplacée par des torons en paille, mais ce moyen ayant été reconnu

insuffisant, on emploie actuellement cette espèce de gaine extérieure, laissant entre elle et la gaine intérieure un espace annu-

posée de manière à ce que le mécanicien puisse la manœuvrer de la plate-forme de sa machine ;

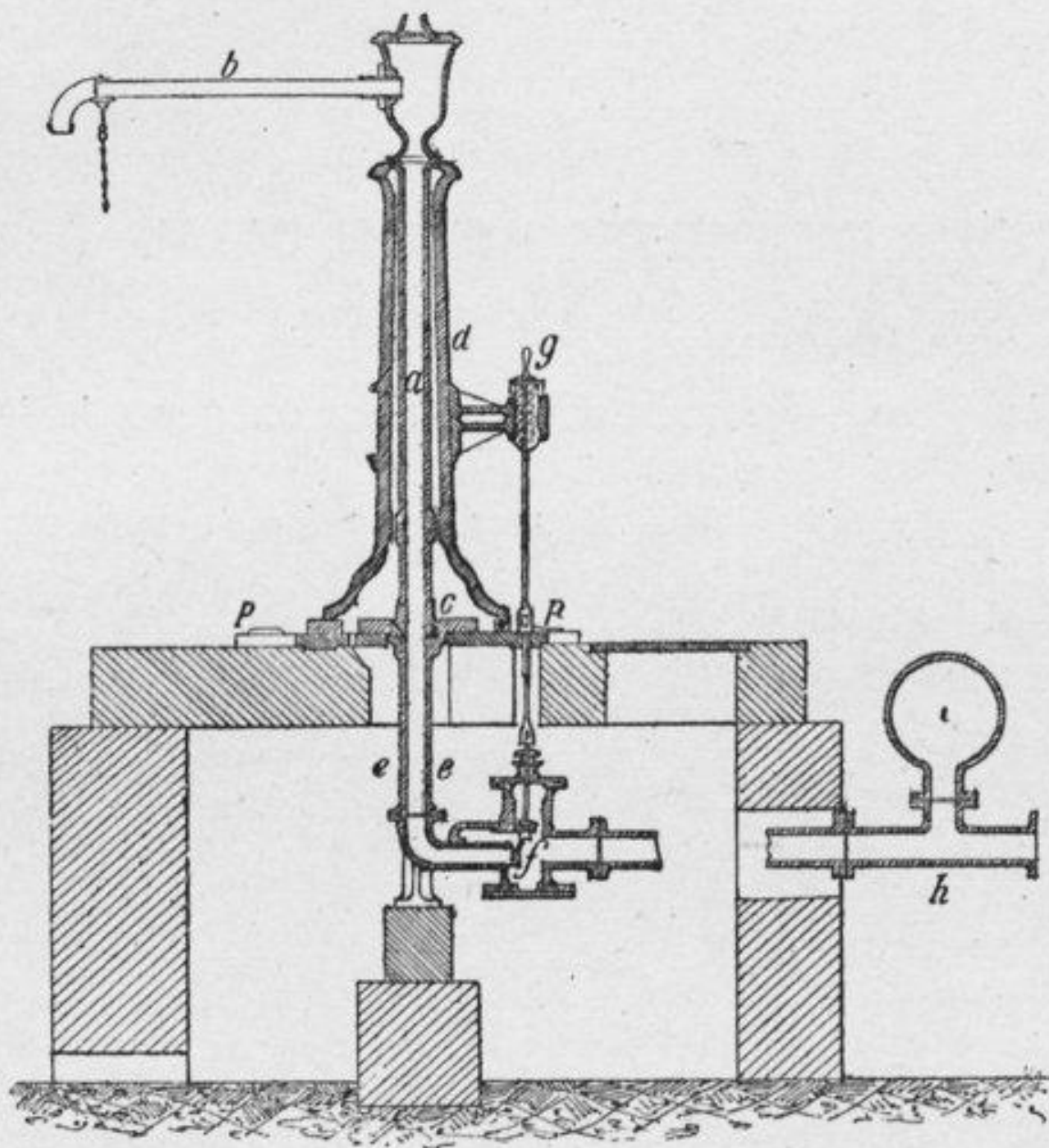


Fig. 111.

laire dans lequel on peut faire passer un courant d'air chaud par un poêle placé à la base de la grue, ou bien encore que l'on remplit d'un mastic isolant.

3° D'un tuyau d'ascension *e*, prolongé par un coude contre lequel vient s'appliquer une vanne-tiroir *f*, laquelle sert à régler l'admission de l'eau, et qui est manœuvré au moyen d'une manivelle *g*, dis-

trêmement rapidement, comme par exemple pour les trains express, la colonne de la grue est surmontée d'un réservoir d'une capacité de 6 à 10 mètres cubes, et le diamètre du tuyau est calculé pour que dans l'intervalle du passage de deux trains consécutifs, ce réservoir supplémentaire puisse être rempli. Les grues ainsi modifiées portent le nom de *grues réservoirs*.

§ VI. — SIGNAUX

85. Signaux. — Les signaux en général ont pour but de renseigner les agents des trains sur l'état de la voie, et les agents du service de la voie sur le mouvement des trains.

En ce qui concerne la voie, il y a lieu de signaler si elle est libre, ou si elle n'admet le parcours des trains qu'avec précaution, ou enfin si elle n'admet pas du tout le parcours des trains.

Le personnel de la voie est chargé d'indiquer au personnel des trains l'un de ces trois états.

Les signaux peuvent être acoustiques, comme par exemple le son des trompes, le bruit d'une sonnette ou d'une cloche, le sifflement des locomotives ; ils peuvent être aussi optiques, c'est-à-dire être faits au moyen de couleurs ou d'appareils.

Le vocabulaire des *signaux optiques* consiste dans la signification donnée à trois couleurs, savoir :

1° Le blanc, qui correspond au premier état de la voie, et indique que la voie est libre.

2° Le vert, qui correspond au second état, et indique que l'on ne doit marcher qu'avec précaution et en ralentissant.

3° Le rouge, qui correspond au troisième état, et indique que tout parcours des trains est interdit.

Les signaux optiques se divisent en signaux fixes et en signaux mobiles :

Signaux fixes. — Les signaux fixes comprennent :

- 1° Les sémaphores ;
- 2° Les disques avancés ;
- 3° Les disques rapprochés ;
- 4° Les signaux d'aiguille ou de bifurcation.

86. 1° *Les sémaphores* sont employés dans les gares ou en pleine voie, entre deux stations trop éloignées. Ils se composent généralement d'un mât en bois ou en fonte de 7 à 9 mètres de hauteur (*fig. 112*) ; 2° d'un système de chaînes et de coulisseaux pour mettre une lanterne en place ; 3° de deux ailettes en tôle articulées sur le même axe ; chaque ailette peut prendre trois positions : *verticale* (voie ouverte) ; *inclinée à 45 degrés* (ralentissement) ; *horizontale* (arrêt). Ces ailettes sont percées chacune de deux lunettes portant, l'une un verre de couleur rouge, l'autre un verre de couleur verte.

Les sémaphores sont établis sur des fondations en charpente ou en maçonnerie,

suivant qu'ils reposent sur un terrain solide ou peu résistant.

C'est le bras que le mécanicien aperçoit

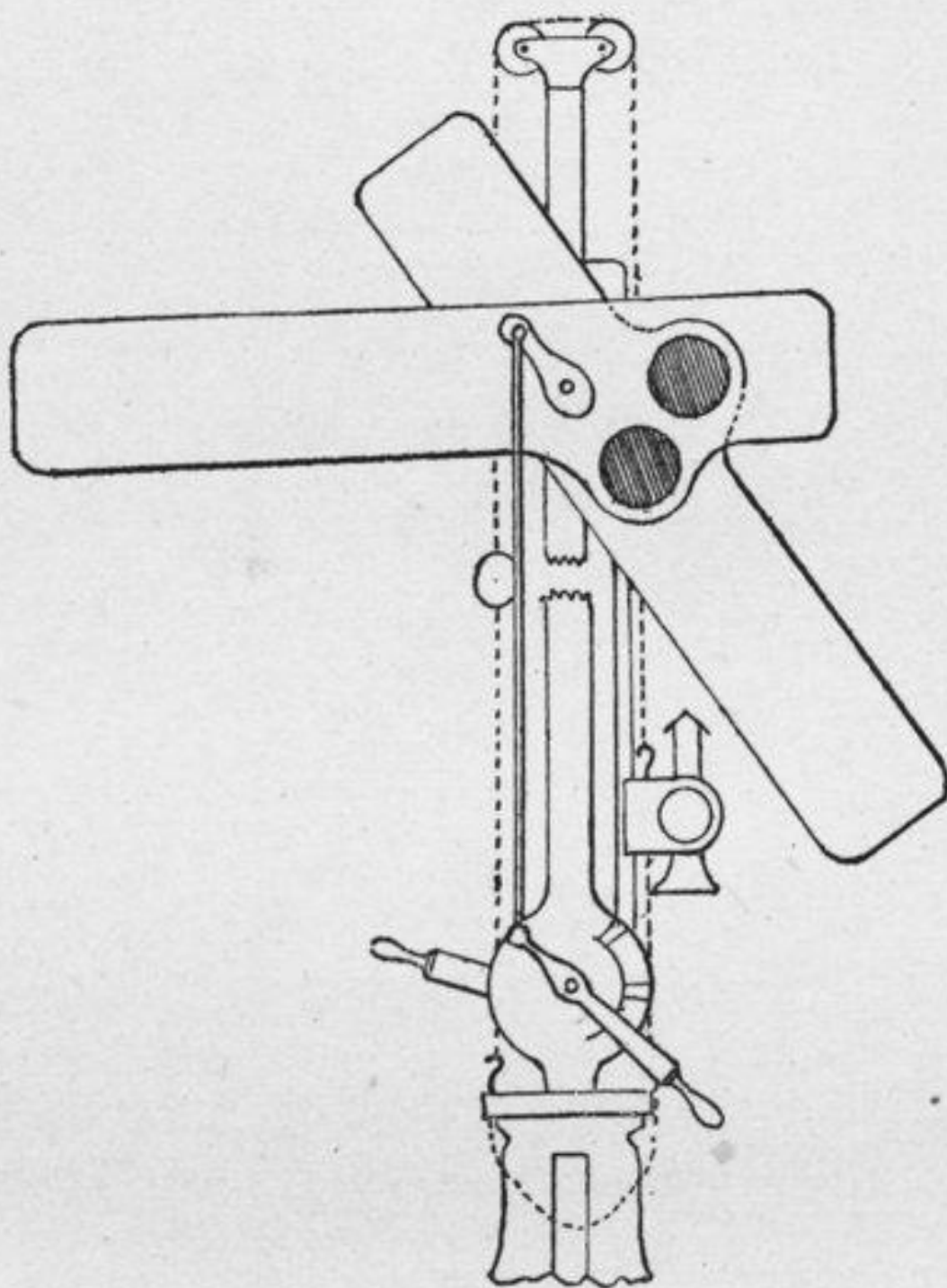


Fig. 112.

à sa gauche en marchant contre le sémaphore, qui régit les signaux s'adressant à un train donné.

On conçoit très facilement le fonctionnement de cet appareil, sur lequel une lanterne est placée la nuit dans une position telle qu'elle puisse éclairer alternativement les deux verres. Lorsque l'ailette est verticale, rien ne recouvre la lanterne de ce côté et le mécanicien voit un feu blanc (voie libre) ; lorsque l'ailette est inclinée à 45 degrés, le mécanicien voit un feu vert (ralentissement) ; enfin lorsque l'ailette est horizontale, le mécanicien voit un feu rouge (arrêt).

87. 2° *Les disques avancés* sont destinés à transmettre des indications précises à des distances qui dépassent quelquefois 2000 mètres.

Cet appareil se compose essentiellement d'un signal, d'un organe de manœuvre, d'une transmission du mouvement et d'un trembleur électrique.

La construction des disques et les dis-

positions de détail varient pour chaque compagnie de chemin de fer, mais les principes sont les mêmes, et nous donnons comme exemple le disque de la Compagnie de l'Est (*fig. 113*).

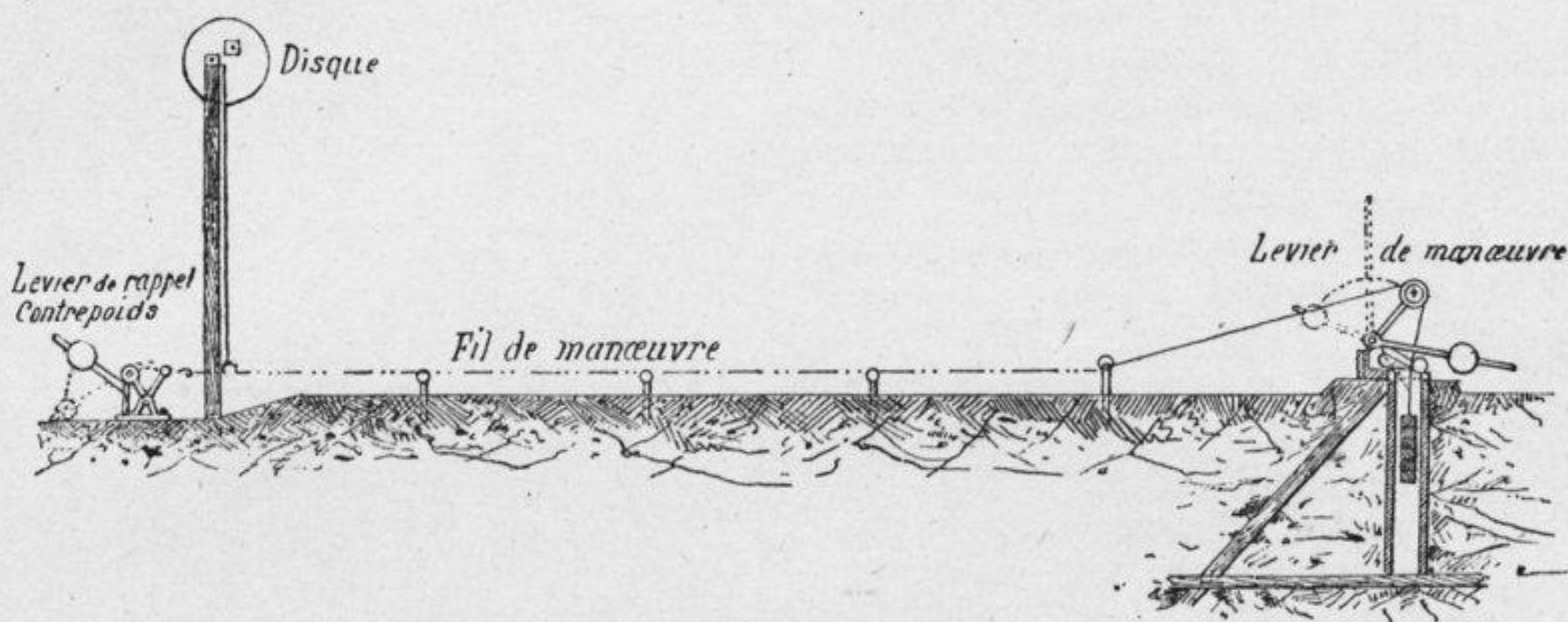


Fig. 113.

Le *signal* proprement dit se compose d'un disque circulaire pouvant tourner autour d'un axe vertical et prendre deux positions, l'une parallèle, l'autre perpendiculaire à la voie.

Lorsque le disque est dans la première position, c'est l'indication que la voie est libre; au contraire, lorsqu'il est placé dans la deuxième position, il présente au train sa face rouge le jour, et un feu rouge la nuit, obtenu à l'aide d'une lanterne hissée à hauteur du carreau rouge logé dans le disque.

Pour que l'on puisse se rendre compte, du point à couvrir, de la position du disque, on le munit d'un appendice portant un verre bleu perpendiculaire à son plan, de telle sorte que, lorsque le disque est à l'arrêt, le mécanicien voit le feu rouge et, du point couvert, on voit la lumière blanche; au contraire, lorsque le disque est à la voie libre, le mécanicien voit le feu blanc et de la station on voit le feu bleu.

L'*organe de manœuvre* comprend: un levier de manœuvre placé à proximité de l'agent chargé de faire fonctionner le signal, et un levier de rappel ou un contre-

poids de rappel placé près du signal et destiné à ramener le disque dans une position opposée à celle que lui donne le levier de manœuvre.

La *transmission* s'opère au moyen d'un ou deux fils de fer d'environ 5 millimètres de diamètre, supportés dans l'intervalle qui sépare le disque du levier de manœuvre par des poulies placées de distance en distance. Ces poulies sont verticales dans les alignements droits et horizontales dans les courbes.

88. Trembleurs électriques. — La position du signal est indiquée au chef de station au moyen d'une sonnerie électrique, dite trembleur électrique.

Quand le signal est à l'arrêt, la sonnerie est placée dans un circuit électrique fermé, et le trembleur fonctionne; lorsque le signal est remis en place, le circuit électrique est interrompu et le trembleur s'arrête.

Le trembleur électrique se compose de quatre parties principales: la pile, le circuit, le commutateur et la sonnerie (*fig. 114*).

La *pile* est placée dans une guérite voi-

sine du levier de manœuvre ; son pôle zinc est relié au sol, et l'autre pôle à l'extrémité de l'électro-aimant de la sonnerie ; de là le fil du circuit est continué par le fil de terre jusqu'à l'arbre du disque qui est en communication avec la terre.

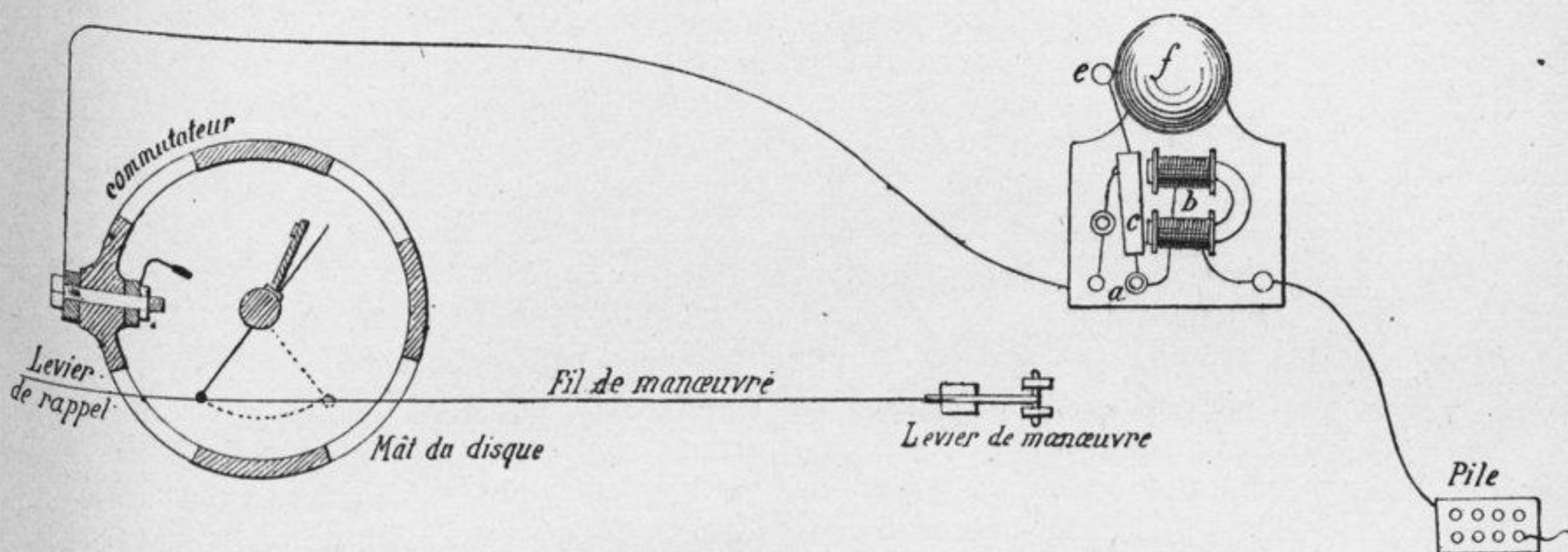


Fig. 114.

Le commutateur, placé dans le poteau du disque, se compose d'une lame d'acier *h* fixée au mât par un boulon isolé à l'aide d'un tube en caoutchouc; ce boulon est relié au fil de la ligne. A l'arbre du disque est fixée une tige de fer, terminée par une rondelle en platine, qui vient presser le ressort *h* lorsque le disque est à l'arrêt et fermer ainsi le circuit.

La sonnerie comprend un électro-aimant *b*, devant lequel est une palette en fer *c*, qui est attirée quand le courant passe dans le fil de l'électro-aimant, et qui est ramenée en arrière par un ressort de rappel *d* quand le courant cesse de passer.

A chaque oscillation de la palette, le marteau *e* frappe sur le timbre *f* et avertit que le commutateur et, par suite, le disque est fermé.

89. 3° Disques rapprochés. — Les disques rapprochés se composent d'un voyant-carré en tôle, de 0^m,90 de côté, peint en noir d'un côté, et mi-parti rouge et blanc de l'autre.

La nuit, une lanterne, s'accrochant sur le côté au-dessous du voyant, présente un feu rouge ou blanc, du côté de l'arrivée des trains.

90. 4° Les signaux d'aiguille ou de bifurcation sont employés sur les points où les aiguilles sont prises en pointe, et ont pour objet d'indiquer que l'aiguille est faite pour une direction donnée. Il n'est pas utile d'employer les signaux partout où une aiguille est prise en pointe, mais simplement aux bifurcations et le règlement du 15 novembre 1846, article 37, n'en demande pas davantage.

On appelle *bifurcation* le point où une ligne se détache d'une autre. Trois trains peuvent se présenter en même temps pour franchir la bifurcation, il y a donc lieu de couvrir les trois directions.

A cet effet, chacune d'elles doit être protégée par trois signaux au moins, savoir :

1° Un signal indicateur de la bifurcation, placé à 800 mètres au moins de la pointe des aiguilles ;

2° Un disque rapproché placé dans chaque direction à 60 mètres environ du point à couvrir, c'est-à-dire celui où l'entrevoie est réduite à 1^m,75 ;

3° Un disque avancé, assez éloigné du disque rapproché pour couvrir un train arrêté à ce signal.

Cette distance varie entre 700 et 1000 mètres, et quelquefois davantage si la voie est en pente (fig. 115).

Au moment où un train arrive près d'un embranchement, le mécanicien indique à l'aiguilleur, par un nombre dé-

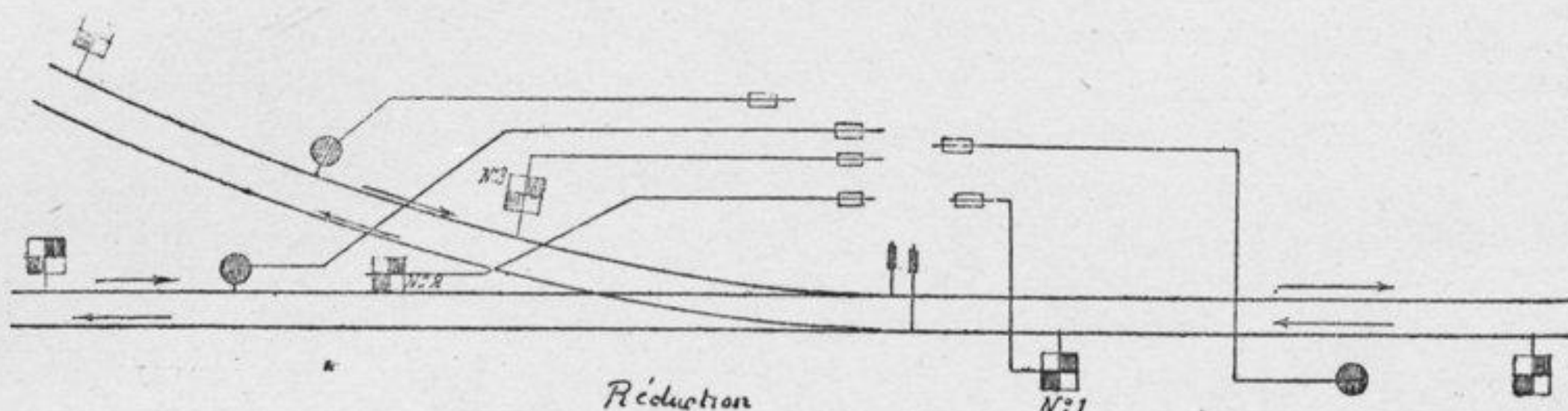


Fig. 115.

terminé de coups de sifflet la direction qu'il doit suivre; mais il ne peut pas s'assurer par la vue directe de la position des aiguilles, aussi place-t-on bien souvent près des changements de voie un signal manœuvré en même temps que les aiguilles, et qui indique leur position.

Appareil Viguiet.

91. Avec les signaux que nous venons de décrire, on évite les chances d'acci-

dent, mais à condition qu'il n'y ait ni erreur, ni négligence de la part de l'aiguilleur, et que les mécaniciens se conforment strictement à leurs indications.

Pour prévenir ces inconvénients, un conducteur principal des chemins de fer, M. Viguiet, eut l'idée de rendre solidaires la manœuvre des signaux et des changements de voie, de façon que, 1° le passage à la bifurcation ne soit ouvert que pour une voie à la fois; 2° lorsque la voie de retour sur le tronc commun aux deux lignes est ouverte, un train venant de ce

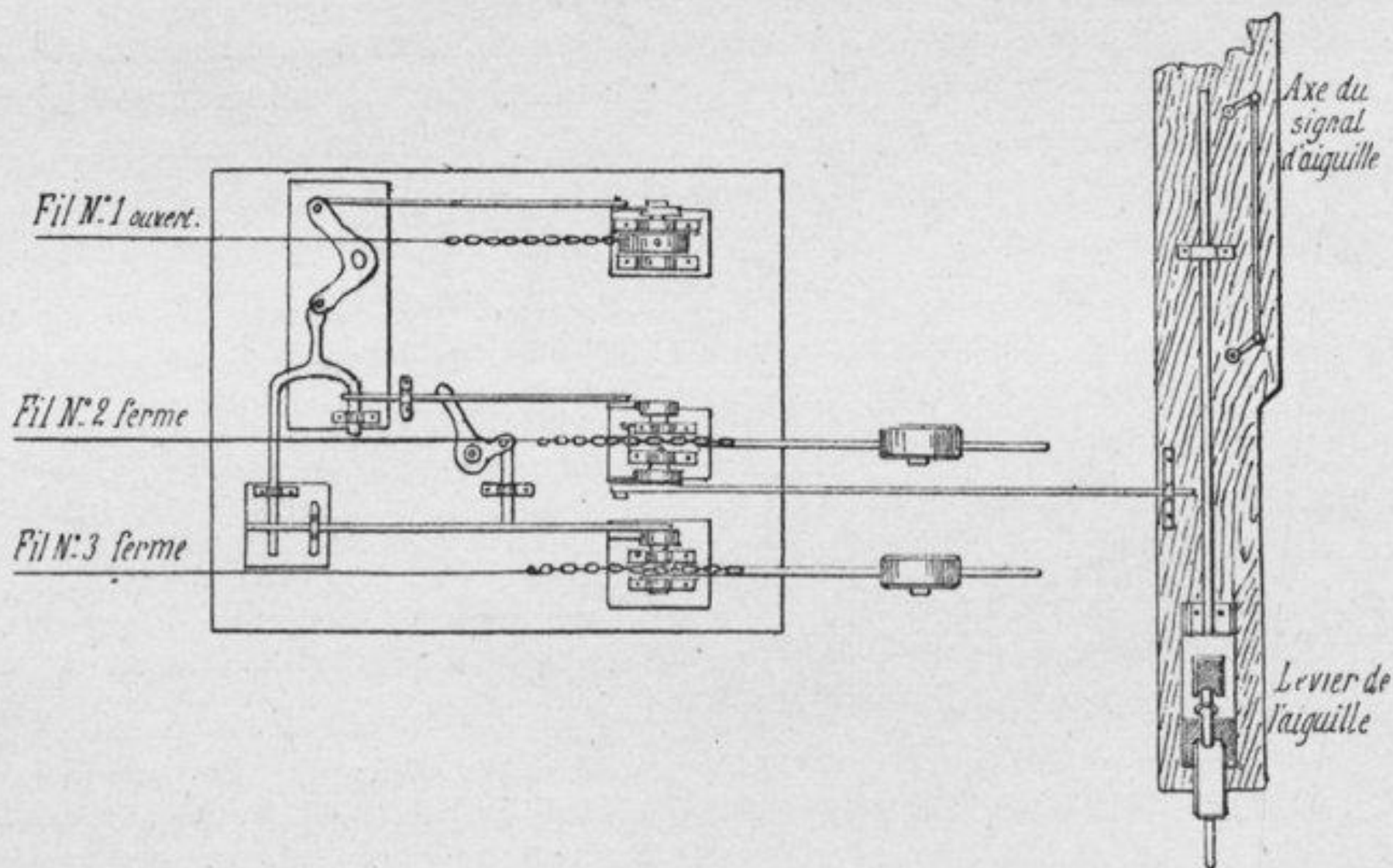


Fig. 116.

côté ne puisse s'engager dans l'embranchement et vice versa.

L'appareil Viguiet consiste (fig. 116), à réunir au même poste d'aiguilleur les le-

viens des aiguilles et des signaux à distance, et d'ajouter aux leviers des signaux un verrou qui, pénétrant dans des trous ménagés dans les tringles de manœuvre des aiguilles, les enclanche, c'est-à-dire met obstacle à tout mouvement de ces tringles.

Pour pouvoir manœuvrer les aiguilles, il faut d'abord retirer le verrou, ce qui ne peut s'opérer qu'en plaçant à l'arrêt le signal avancé.

Appareil Tyer.

92. Les appareils du système Tyer ont pour but de diviser la voie en cantonnements de longueur limitée, dans lesquels deux trains ne doivent jamais se trouver en même temps (*fig. 117*).

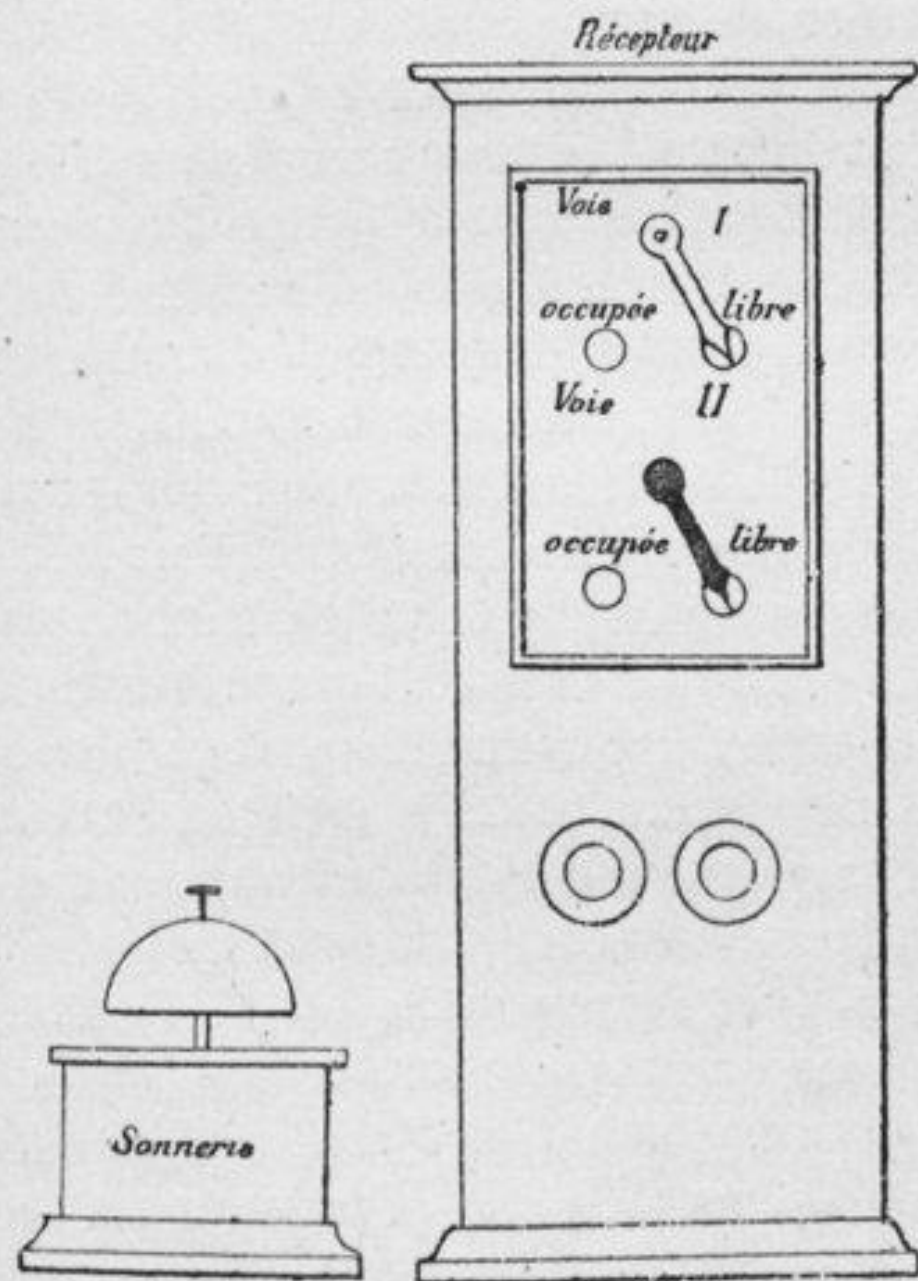


Fig. 117.

Soient, par exemple, deux postes Tyer consécutifs *a* et *b*. Dès que le train dépasse le poste *a*, l'employé de ce poste met le bras de son sémaphore à l'arrêt et l'y maintient jusqu'au moment où le poste *b* donne avis qu'il est lui-même dépassé par le train. Le point *a* annonce en même temps le train au poste *b*.

De son côté, l'employé du poste *b*, averti

de la prochaine arrivée du train, répond en mettant le bouton de son appareil sur les mots : *voie occupée*, indication, qui est reproduite au poste *a* ; dès qu'il est dépassé par le train, il place le bouton de son appareil sur les mots : *voie libre*, indication reproduite au poste *a*.

Les mêmes indications, répétées de poste en poste, assurent la sécurité de la voie.

Signaux acoustiques

93. Les trains se font quelquefois précéder de sons de trompe : un son de trompe allongé annonce l'approche d'un train ; plusieurs sons de trompe successivement répétés demandent du secours.

Des signaux à coups de sifflet sont employés par le mécanicien pour correspondre avec les agents chargés de la surveillance de la voie et avec les conducteurs du train.

1 coup de sifflet prolongé commande l'attention.

2 coups de sifflet saccadés prescrivent aux conducteurs de serrer leurs freins.

1 coup de sifflet brusque indique la mise en marche et prescrit de desserrer les freins.

Le mécanicien se sert aussi du sifflet pour demander la voie aux aiguilleurs

1 coup de sifflet prolongé veut dire : *à gauche*.

3 coups de sifflet prolongés veulent dire : *à droite*.

Sur quelques lignes, Nord, Midi, Est, le mécanicien emploie plusieurs coups de sifflet prolongés et répétés aux approches des dépôts, pour demander une machine de renfort.

Dans le cas d'arrêt imprévu, il est fait usage, spécialement de nuit ou par le brouillard, de pétards qu'un employé sème sur les rails de distance en distance, jusqu'à 700 ou 800 mètres dans la direction dangereuse, ou dans les deux directions, s'il y a lieu.

CHAPITRE V

LE MATÉRIEL ROULANT

§ I. — GÉNÉRALITÉS

94. Le matériel roulant des chemins de fer comprend l'ensemble de tous les véhicules qui circulent sur les voies ferrées, c'est-à-dire des wagons et des locomotives.

Les deux caractères principaux du matériel roulant adopté en France sont le parallélisme des essieux et le calage des roues sur les essieux.

95. *Parallélisme des essieux.* — Si l'on suppose un wagon muni d'essieux pouvant se déplacer relativement à la caisse, on se rendra facilement compte que ces essieux pourront prendre des positions très obliques les unes par rapport aux autres et que, par suite, les roues quitteraient les rails et marcheraient sur le ballast.

Pour éviter cet inconvénient, on a disposé les essieux normalement à la caisse, et par suite parallèlement entre eux.

Toutefois, ce parallélisme des essieux, qui convient très bien pour les alignements droits, présenterait des inconvénients pour franchir les courbes; on y a remédié en laissant un jeu de convergence et un jeu longitudinal de un centimètre, de part et d'autre de la position moyenne.

Nous parlerons de ce jeu d'une manière plus détaillée à propos des moyens de franchir les courbes.

96. *Calage des roues sur les essieux.* — Si l'on avait laissé les roues libres de tourner autour des essieux, comme cela a lieu dans les véhicules ordinaires, il en serait résulté qu'une roue aurait pu prendre de l'avance sur l'autre du même essieu, soit par suite de différences extrêmement petites dans le diamètre mais qui se multipliant un très grand nombre de fois, constituent des longueurs très grandes, soit pour traction oblique, soit pour charge inégale sur les deux roues.

En calant la roue sur l'essieu, on force celui-ci à rester de lui-même dans sa position moyenne, et de cette façon aucune roue ne peut prendre d'avance sur sa conjuguée, à moins de glissement sur le rail.

97. *Caractères particuliers du matériel* — Indépendamment de ces caractères généraux, le matériel roulant des chemins de fer européens en présente encore un certain nombre d'autres qui ont aussi une importance très grande. Nous avons été amené à en parler plus ou moins dans le chapitre 1^{er}, mais nous les résumons ainsi sommairement.

Ces particularités sont les suivantes :

1° Les roues portent des boudins ou mentonnets d'une saillie comprise entre 0^m,025 et 0^m,035, et qui ont pour but de maintenir les roues sur la voie, lorsque

des circonstances tendent à les en écarter.

2° Les bandages des roues ont la forme tronconique ; la conicité adoptée est de $\frac{1}{20}$.

Nous avons vu que cette forme tronconique est indispensable pour franchir les courbes, et que dans les alignements droits elle sert à corriger l'obliquité de l'essieu ou le déplacement transversal.

3° Les roues sont placées sous la caisse de manière à pouvoir donner une largeur très grande aux wagons. C'est ainsi que ces derniers peuvent avoir une largeur de 2^m,80, alors que la voie n'a que 1^m,30 d'axe en axe.

Cette disposition a eu, il est vrai, pour conséquence de forcer à réduire le dia-

mètre des roues à un mètre, ce qui est mauvais au point de vue du tirage, mais en revanche elle donne un plus petit bras de levier pour les réactions du rail sur le mentonnet.

4° La charge des véhicules est appliquée sur les fusées mêmes des roues par une disposition particulière que nous verrons plus loin, au lieu de reposer à l'intérieur des roues, sur la portée de calage, comme cela a lieu dans les voitures ordinaires.

Cette application de la charge sur les fusées diminue le frottement de près de $\frac{1}{4}$ de valeur ; il en résulte que l'on peut traîner, toutes les conditions égales d'ailleurs, une charge de $\frac{1}{4}$ plus considérable que si l'application avait lieu sur la portée de calage.

§ II. — WAGONS

98. Les wagons se composent d'une caisse, de modèle variable, et d'un train de voiture d'une constitution à peu près semblable pour tous.

Les wagons n'ont généralement que quatre roues avec 3^m,60 d'entr'axe environ ; cependant, on trouve des voitures à six roues sur une partie du réseau de la Méditerranée ; il en existe également en Angleterre et en Allemagne ; mais on semble y avoir renoncé pour les constructions neuves.

Elles augmentent, il est vrai, la sécurité, au point de vue des ruptures de roues ou d'essieux, car alors le wagon peut continuer à rouler, puisqu'il porte encore sur quatre roues au moins ; en revanche, on augmente d'un tiers le nombre des essieux et des roues, et par suite aussi la proportion des accidents ; enfin ces derniers sont très peu à craindre en prenant des précautions.

En adoptant les wagons à quatre roues, d'une manière générale, on a surtout été

guidé par la question d'économie et de diminution de poids mort à transporter.

Les caisses des wagons sont de modèles variables et appropriés à leur destination, c'est-à-dire qu'elles diffèrent suivant qu'elles sont destinées à transporter des voyageurs, des animaux

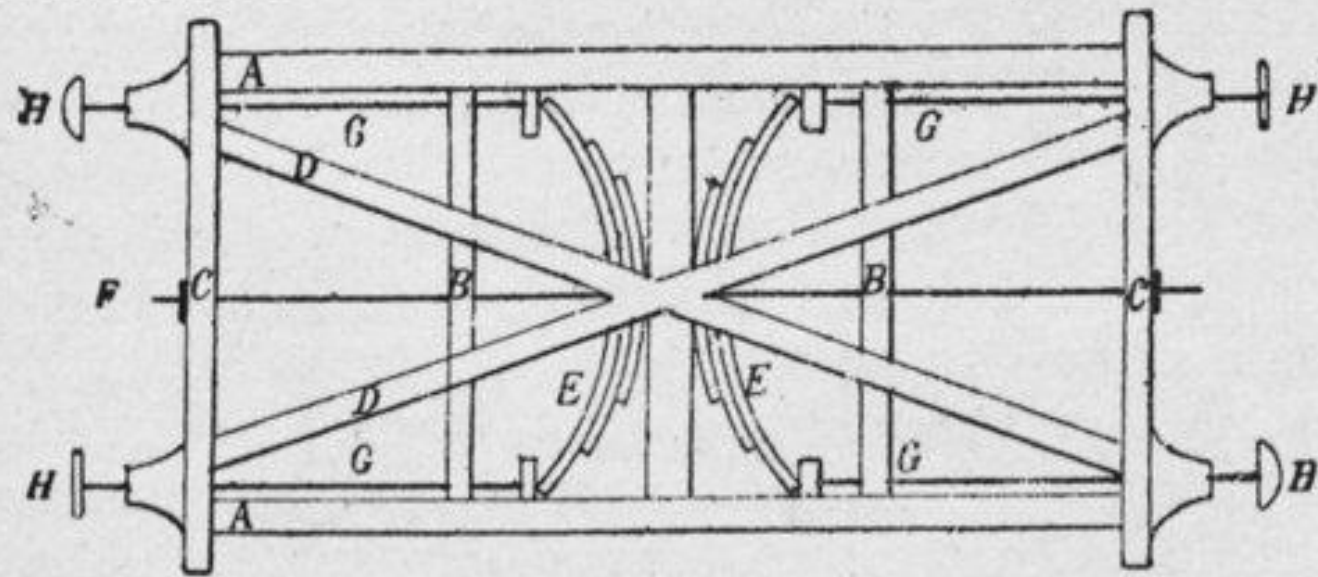


Fig. 118.

On attribue aux voitures à six roues une allure plus régulière, mais cet avantage est contesté.

ou des marchandises.

Il serait peu intéressant d'étudier l'aménagement de ces caisses ; nous nous occu-

perons donc uniquement du train de voiture.

99. *Le train de voiture* comprend : 1° le châssis ; 2° les appareils de suspension et de traction ; 3° le support, c'est-à-dire les essieux avec leurs roues.

100. *Châssis.* Les châssis sont ordinairement en bois, mais on fait actuellement des essais de châssis métalliques.

Le châssis en bois est formé de deux longerons *aa*, en chêne, de deux traverses intermédiaires *bb*, de deux traverses extrêmes *cc*, et de deux pièces diagonales *d* qui assurent la rigidité du système (*fig. 118*).

Le châssis repose sur les ressorts de suspension par le moyen d'attaches *a* boulonnées sur le longeron, et de menottes *b* (*fig. 119*).

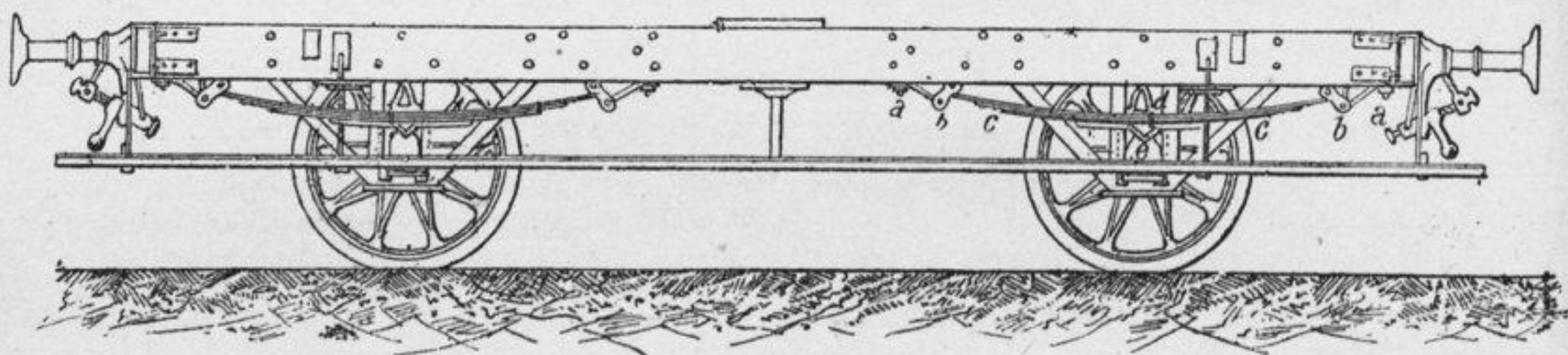


Fig. 119

En présence du prix toujours croissant du chêne, de la diminution du prix du fer, et surtout à la suite de quelques incendies de wagons pendant la marche, on a songé à faire des châssis métalliques.

Les essais faits jusqu'ici ne sont pas suffisamment concluants, pour que nous en fassions la description détaillée ; nous dirons simplement que l'on s'est borné à remplacer les longerons, les traverses et les pièces diagonales en bois par des fers en Π ou en double T. Les expériences se poursuivent encore en ce moment.

Appareils de suspension et de traction.

101. Lorsque le matériel est rigide, toute sa masse subit les chocs dus aux inégalités de la voie. Avec des ressorts placés aussi près que possible de la région des chocs, c'est-à-dire sur les boîtes à graisse, la masse choquante est réduite à celles des roues et des essieux.

Les roues, poussées par les ressorts, suivent les inégalités de la voie au lieu de se séparer d'elle pour y retomber et s'en séparer encore ; dans certaines limites le mouvement de la caisse n'est pas affecté,

au moins immédiatement, parce qu'il passe au-dessus d'elle. La roue qui franchit un obstacle, tel qu'une saillie au joint, s'élève en infléchissant le ressort qui se restitue ensuite, en maintenant la roue appliquée sur le rail, et en n'imprimant à la caisse que de longues ondulations consécutives.

Les ressorts *c* (*fig. 119*) consistent en une série de feuilles d'acier, de même largeur et de même épaisseur, mais de longueurs différentes et progressives. Ces lames sont reliées entre elles par une bride *d* qui fixe en même temps le ressort à la boîte à graisse *c*. Les deux extrémités de la feuille supérieure s'engagent au moyen d'une saillie dans une pente qui y est pratiquée.

Des ressorts analogues *ee* (*fig. 118*) se trouvent placés contre la traverse du milieu du châssis, dans le but d'amortir les chocs au moment du départ ou de l'arrêt.

Une tige centrale *f* prend le ressort au milieu et aboutit au crochet de traction ; des tiges latérales *g* pressent sur les extrémités du même ressort et correspondent aux *impon*s de choc *h* ; en effet, les vitesses relatives dont les véhicules d'un train sont animés lors des démarrages et des arrêts développent entre eux des actions dont

les effets seraient souvent destructeurs si les chocs n'étaient amortis par des appareils élastiques.

Dans beaucoup de wagons à marchandises, les longerons sont simplement posés sur les extrémités des ressorts : quand ceux-ci s'aplatissent, il se produit dans ce cas un frottement très grand, qui doit être vaincu pour que le mouvement relatif se produise, ce qui est une perte de force.

A cause de la chute et du poids des ressorts à lames, on a cherché à leur substituer d'autres appareils tels que des ressorts à boudin ou en acier, du caoutchouc et même du liège.

Les ressorts à boudins sont formés d'une lame à section carrée ou circulaire, moulée sur un cylindre.

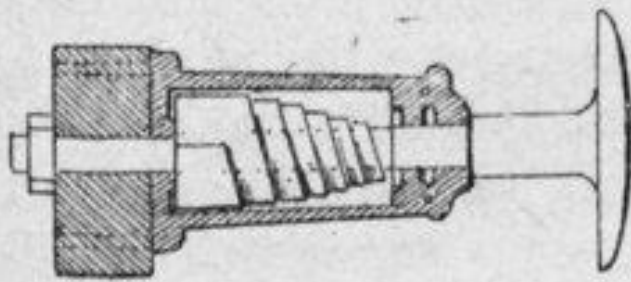


Fig. 120.

Les ressorts à lame d'acier sont formés d'une barre d'acier, moulée en spirale conique qui, à la limite d'aplatissement, devient à peu près une spirale plane (fig. 120). La section de la barre est une ellipse ou un rectangle allongé. L'inconvénient de ces ressorts, c'est qu'une rupture entraîne la mise au rebut de l'ensemble.

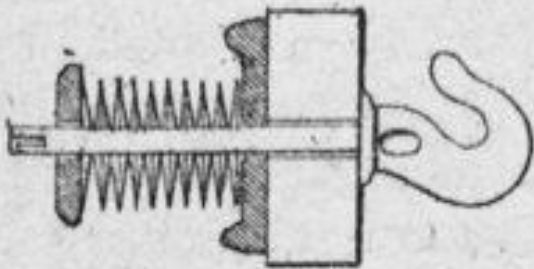


Fig. 121.

L'ingénieur Belleville a imaginé un ressort formé d'une série d'éléments indépendants, de manière à éviter précisément cette mise au rebut du tout par suite de rupture.

Le ressort Belleville se compose d'une d'une série de couples composés de deux

feuilles d'acier ayant la forme de troncs de cône très aplatis et appliqués l'un contre l'autre par leur grande base (fig. 121).

On superpose ces couples en nombre variable, suivant la cause à obtenir.

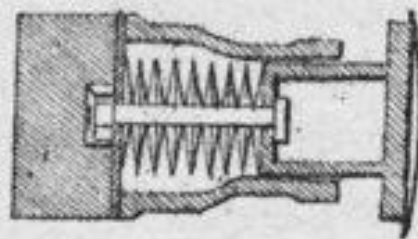


Fig. 122.

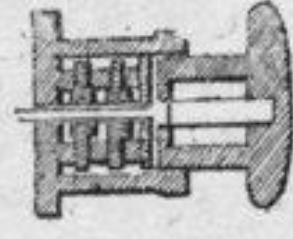


Fig. 123.

Ces appareils sont distincts pour la traction (fig. 121), et pour le choc (fig. 122).

On emploie aussi des ressorts formés de rondelles de caoutchouc vulcanisé, alternant avec des lames de tôle (fig. 123). L'inconvénient de ces ressorts, c'est leur faible coefficient d'élasticité, et la difficulté de préparer du caoutchouc de bonne qualité.

Tampons.

102. Les tampons sont, soit en fer, garnis d'une fourrure en bois qui les rend convexes, soit à disque plat entièrement en fer.

On fait en sorte qu'un tampon convexe soit toujours opposé à un tampon plat, car si deux tampons plats s'appuyaient l'un sur l'autre, ils seraient en contact par leurs bords, dans les courbes, et la pression tendrait à fausser leurs tiges.

La hauteur des tampons au-dessus des rails varie entre 1 mètre et 1^m,04 ; leur écartement entre 1^m,72 et 1^m,75.

103. Les menottes *b* sont de petites bielles qui s'articulent à charnière d'une part au châssis, et de l'autre à un enroulement de la maîtresse lame. Elles sont légèrement inclinées, car si on les avait laissées verticales, la caisse aurait oscillé suivant sa longueur comme un pendule, et si on les avait laissées horizontales, elles n'auraient plus permis les mouvements de l'extrémité de l'essieu dans le plan longitudinal (fig. 119).

Boîtes à graisse.

104. Les boîtes à graisse sont de modèles très divers, ce qui prouve qu'aucune n'est complètement satisfaisante. Elles se composent, en général, d'une boîte en fonte avec rainures extérieures latérales maintenant la boîte contre des plaques qui empêchent le mieux possible la sortie de la graisse, et l'introduction de la poussière; ces plaques *p* sont appelées plaques de garde (*fig. 124*).

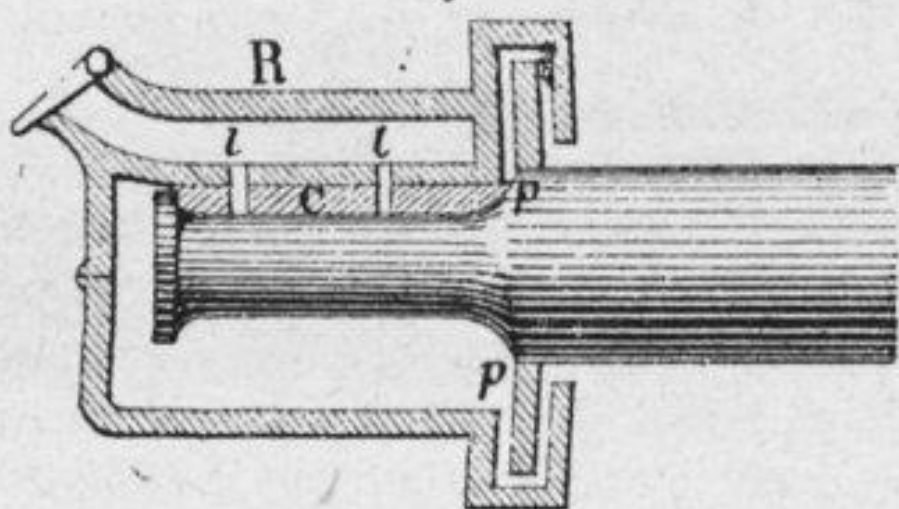


Fig. 124.

Le problème est en effet compliqué, les véhicules faisant de longs trajets, on ne peut surveiller constamment leurs fusées, de plus, il est difficile d'empêcher la matière lubrifiante de s'échapper de la boîte, par l'ouverture qui donne entrée à l'essieu; enfin, il est encore plus difficile d'empêcher l'introduction de la poussière par cette même ouverture.

Les matières lubrifiantes employées pour le graissage des wagons sont l'huile et la graisse.

La graisse a l'avantage d'être moins fluide et par suite moins facilement expulsée sous des pressions considérables; son inconvénient est que la lumière qui donne passage à la matière lubrifiante peut s'obstruer, alors le graissage ne se fait plus, l'essieu s'échauffe, grippe et peut se briser.

L'huile a, au contraire, l'avantage de ne pas obstruer la lumière, de permettre le graissage en dessus et en dessous de la fusée, et de laisser intacte toute la surface utile pour la portée du coussinet sur la fusée. En revanche, elle a l'inconvé-

nient, d'être plus facilement expulsée que la graisse et de perdre ses qualités lubrifiantes aux grandes vitesses.

Certaines compagnies préfèrent l'huile comme graissage, d'autres préfèrent la graisse, d'autres admettent un mélange d'huile et de graisse.

Des expériences comparatives faites dans les compagnies ou dans les pays différents ont donné des résultats absolument contraires; on peut donc en conclure que tout dépend du soin apporté à la fabrication de la matière lubrifiante, et aussi des dispositions particulières de l'appareil de graissage.

Lorsqu'on emploie la graisse, celle-ci est contenue dans un réservoir supérieur *R* (*fig. 124*). On conçoit très bien que, sous l'influence de la chaleur développée par le frottement, la graisse s'écoule lentement sur la fusée par de petites lumières *l*, percées dans le coussinet *c*, qui est lui-même muni de deux rainures en croix permettant le graissage sur toute l'étendue des parties en contact.

Lorsqu'on emploie l'huile comme graissage, le réservoir peut être supérieur ou inférieur. C'est alors la capillarité qui détermine l'écoulement.

Si le réservoir est supérieur, une mèche qui y est plongée et aboutit aux trous du coussinet, fait syphonner l'huile.

Si le réservoir est inférieur, la hauteur de la fusée au-dessus du niveau variable de l'huile est rachetée, soit par un coussin pressé par des ressorts à boudins, et qu'une mèche maintient constamment imprégnée d'huile, soit par un rouleau, tantôt tournant sur un axe fixe et plongeant dans l'huile, tantôt libre et que la fusée maintient plus ou moins immergée dans le bain.

Enfin, on a également imaginé une boîte donnant le graissage automatique des fusées des essieux simultanément en dessus et en dessous (*fig. 125*), et par conséquent avec l'huile et la graisse à la fois.

La graisse est contenue dans le réservoir

voir supérieur A ; elle arrive au contact de la fusée par la lumière *l* qui est bouchée en temps ordinaire par un petit tampon de savon dur qui ne fond qu'à une

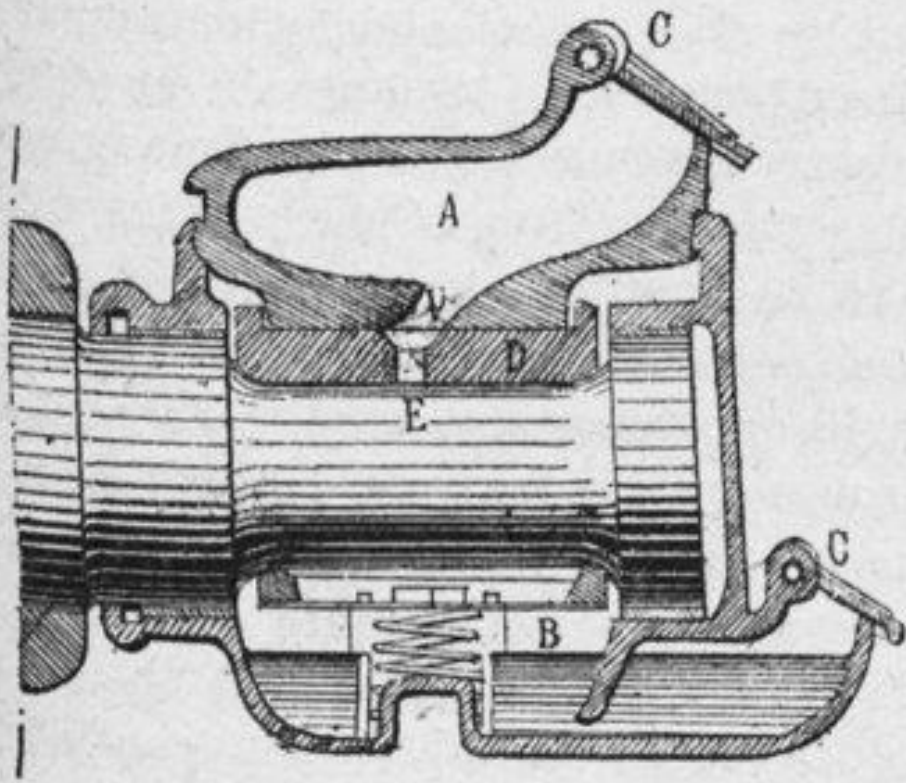


Fig. 125.

certaine température et alors que l'huile du réservoir inférieur B a perdu de ses

qualités lubrifiantes par suite de la trop grande vitesse.

Des clapets *c* et *c'* permettent d'introduire la graisse et l'huile dans les réservoirs.

Le coussinet D est interposé entre le réservoir supérieur A et la fusée E, qui tourne au-dessous de ce premier. Ce coussinet est généralement en bronze ; on a fait des essais pour remplacer ce métal par un alliage plus ou moins analogue à celui des caractères d'imprimerie, mais les résultats obtenus ont été des plus médiocres, et l'on en est revenu au bronze.

105. Essieux. — Les essieux sont destinés à reporter le poids des wagons sur les roues. Ils sont en fer forgé et ont la forme de deux troncs de cône à génératrices courbes, réunis par une partie cylindrique (fig. 126). Cette forme, qui résulte de l'expérience et du calcul, est celle qui a été trouvée la plus convenable pour permettre

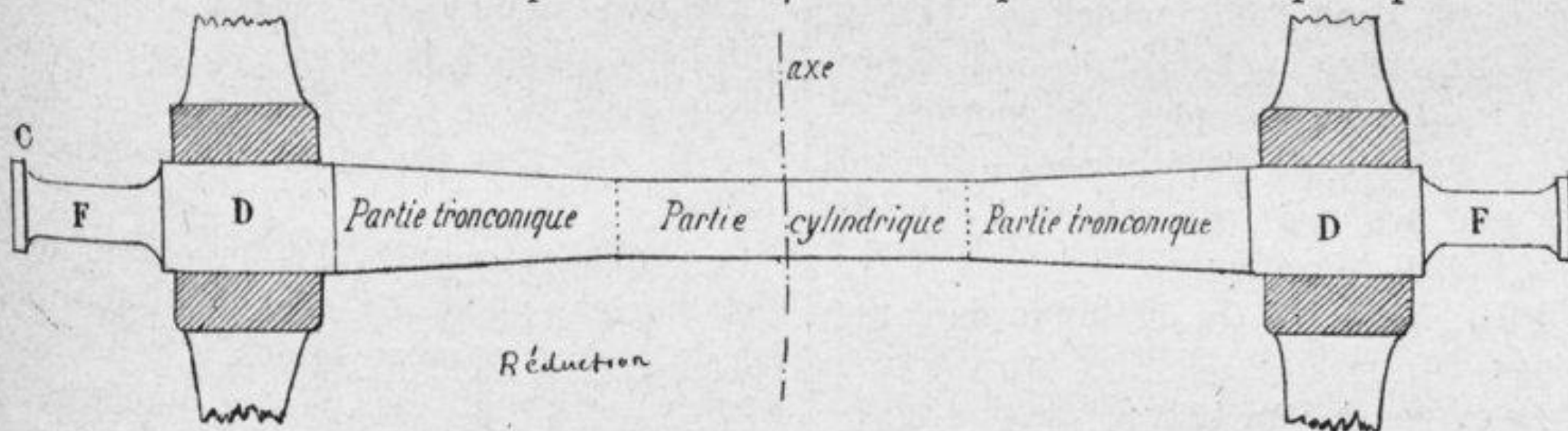


Fig. 126.

à l'essieu de résister aux efforts qui agissent sur lui non seulement à l'état de repos, mais surtout à l'état de mouvement. La partie cylindrique a un diamètre de 10 centimètres ; ce diamètre est légèrement renforcé aux emplacements où viennent se caler les roues et que l'on appelle portées de calage D.

Les essieux, sont terminés à chaque extrémité par des fusées F sur lesquelles reposent les coussinets des boîtes à graisse. Elles ont la forme de tourillon d'un diamètre moyen de 8 centimètres et d'une longueur de 16 centimètres ; elles se terminent par des collets C, qui empêchent les coussinets de s'échapper latéralement.

Le point essentiel, pour les fusées, c'est que la longueur soit assez grande pour que la pression par unité de surface ne soit pas trop forte, car alors la matière lubrifiante serait expulsée et il y aurait grippement et chauffage des essieux. Le calcul et l'expérience ont démontré que le rapport de la longueur au diamètre devait être de 2 au minimum.

Les ruptures d'essieux de voitures à voyageurs sont assez rares ; mais elles sont plus fréquentes dans le matériel à marchandises, où les essieux sont plus chargés et plus fatigués par la circulation fréquente et par les chocs qu'ils éprouvent. C'est pour cette raison que l'on exclut,

en général, les wagons dits « à petite vitesse » de tous les trains de voyageur.

Le remplacement des essieux n'a montré que deux cas : usure des fusées et insuffisance des équarissages par suite de l'accroissement des charges.

Les ingénieurs des chemins de fer n'admettent pas la prétendue cristallisation des essieux en service, cristallisation qui rend le fer aigre et cassant, et que beaucoup de théoriciens prétendaient inévitable au bout d'un certain temps d'usage. Heureusement, l'événement n'a pas donné raison à ces derniers. Il est rare que les essieux se brisent tout d'un coup, si ce n'est par accident. La rupture se fait ordinairement par l'extension graduelle d'une fissure plus ou moins ancienne.

La seule garantie consiste donc, non à limiter un parcours presque impossible à constater dans l'état actuel des choses, mais à prendre sur le fait, dès qu'il se produit, tout commencement de rupture.

Les visiteurs du matériel sont intéressés par une prime à rechercher et signaler tout indice de ce genre.

106. Roues. — On distingue dans une roue :

Le moyeu A (*fig. 127*) ;

Les rais B ou un disque plein ;

Les jantes C ;

Le bandage D, dans lequel on remarque le mentonnet.

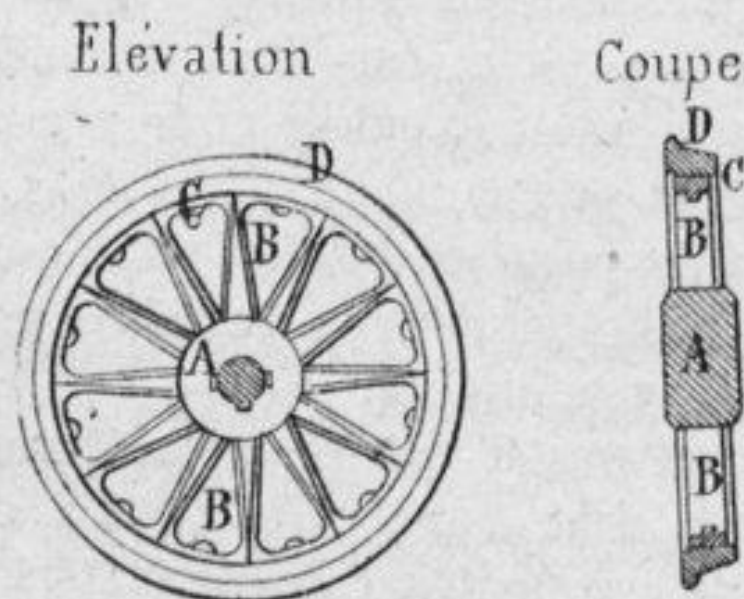


Fig. 127.

Les roues ont un diamètre de 0^m, 90 à 1^m, 05 ; elles sont de plusieurs catégories.

1° A rais et jantes en fer, avec moyeu

en fonte : c'est la disposition la plus ancienne et la plus usitée encore aujourd'hui, parce qu'elle est la plus économique. Les barres courbées à chaud sur des mandrins de formes diverses, viennent plonger par les deux bouts dans la fonte du moyeu, coulé avec une masselotte d'une masse au moins égale à la sienne. Ces encoches ménagées au bout des barres forment une sorte d'assemblage entre la fonte et le fer.

2° A rais, fonte et moyeu en fer forgé. — Les roues ont sur les précédentes l'avantage d'être moins lourdes à cause de la suppression du moyeu en fonte, mais elles ont l'inconvénient de coûter plus cher.

Leur procédé de fabrication consiste essentiellement à chauffer un paquet composé d'une jante, des rais et des deux gâteaux, saisissant l'extrémité de ces rais, et qui formeront le moyeu.

Les rais ont un léger excès de longueur qui disparaît sous le pilon, en assurant une pression très considérable entre les faces à souder et par suite une soudure intime.

Ce paquet est moulé à l'étampe sous un fort marteau-pilon. La grande difficulté est de porter en même temps, à la même température, toutes les parties du paquet formées d'éléments d'épaisseurs très différentes.

3° Les roues pleines ou à disques. — Un inconvénient commun aux deux catégories précédentes de roues, c'est que les rais agissent comme les ailes d'un ventilateur et soulèvent des tourbillons de poussière ; ils peuvent aussi projeter des fragments incandescents qui tombent du foyer de la machine, et causer des incendies.

C'est pour ces différents motifs que, sur quelques lignes, on a substitué aux rais un disque plein.

Ces roues peuvent être en fonte, en acier fondu, ou avec disque en bois ; dans certaines lignes, on s'est même contenté de modifier les roues à rais en remplissant les intervalles par des blocs en bois, ou des feuilles de tôle.

Les roues en fonte ont leur surface de roulement durcie en coquille ; leurs ruptures sont très rares et leur usure assez lente ; on les regarde comme plus sûres que les roues en fer ; c'est pour ce motif, et non par économie qu'on leur a donné la préférence en Amérique, pour les trains de marchandises.

Leurs inconvénients sont d'exiger beaucoup de soins pour le coulage de la fonte, toujours au bois, et pour leur fabrication ; de plus, elles se creusent à la jante, par l'usage, de sorte qu'on ne les a guère admises en Europe, où on leur préfère les roues en acier fondu.

Les roues pleines en acier fondu peuvent être d'une seule pièce, ou à bandages rapportés. On emploie exclusivement, pour leur fabrication, l'acier fondu au creuset. On en coule un grand nombre à la fois.

Leur avantage c'est d'avoir une dureté très grande, par suite une usure très faible, et de pouvoir être tournées 7 à 8 fois puis remises en service.

Leur inconvénient c'est de mal se comporter sous l'action des freins. Chauffées par le frottement, et refroidies ensuite, elles peuvent contracter, en hiver, une trempe assez prononcée pour devenir cassantes et se briser.

Les roues à disques en bois ont différents avantages : d'abord elles ménagent plus les bandages et les rails que les roues métalliques ; ensuite, dans les pays froids leur flexibilité atténue la dureté des réactions de la voie lorsque le ballast est gelé.

Ces roues sont surtout très usitées en Angleterre.

Le *bandage* est le plus souvent en acier ; mais il en existe aussi en fer ; il a 12 à 13 centimètres de largeur, 8 à 9 centimètres d'épaisseur à l'endroit du mentonnet, et 35 à 55 millimètres au roulement. Toutefois, on admet que les bandages peuvent rester en service jusqu'à ce que leur épaisseur soit réduite à 25 millimètres de mentonnet à une saillie de 25 à 30 milli-

mètres. La face extérieure du bandage qui roule sur le rail est inclinée à $\frac{1}{20}$.

Le bandage se place à chaud sur les jantes. Le diamètre intérieur du bandage est plus petit que le diamètre extérieur de

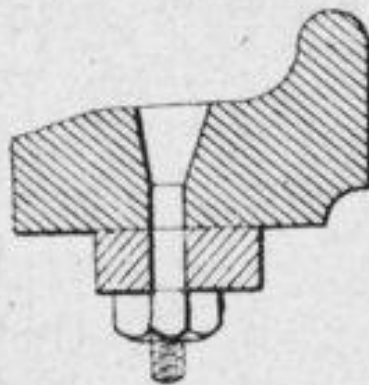


Fig. 128.

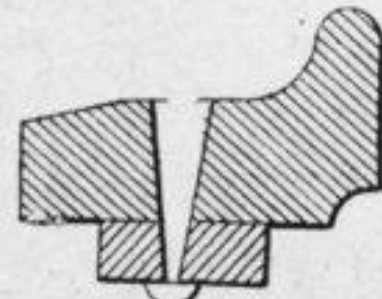


Fig. 129.

la jante. — Dilaté par la chaleur, il emboîte librement la jante qu'il étreint ensuite fortement, par le refroidissement.

Le bandage est en outre fixé à la jante, soit par des boulons à tête conique (fig. 128), soit par des rivets (fig. 129), soit par des vis ayant leur tête à l'intérieur (fig. 130).

Anciennement, les bandages étaient en fer, et leur point faible était la soudure, aussi avait-on cherché à pallier cet inconvénient en substituant à la soudure suivant la génératrice, la soudure hélicoïdale, presque parallèle au plan de la roue.

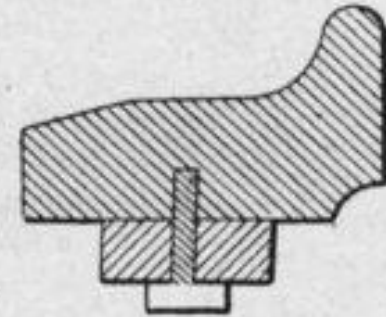


Fig. 130.

Actuellement, les bandages se font en acier Bessemer, et leur durée est cinq fois plus grande que celle des bandages en fer.

La fabrication des bandages en acier Bessemer se fait, non pas en les coulant dans un moule, comme on serait tenté de le croire, mais en prenant un gros lingot cylindrique qui est découpé en rondelles, sous le pilon. Chaque disque ainsi obtenu est réchauffé et percé, puis élargi en anneau sur une matrice qui lui donne une section en forme de trapèze, que le laminoir termine en une seule opération en lui donnant sa section définitive avec mentonnet.

107. *Attelages*. — L'attelage de deux

véhicules consécutifs se fait au moyen de tendeurs à vis engagés dans les crochets qui terminent les barres d'attelage. Le ten-

par un maneton C, on rapproche ou on éloigne les deux crochets.

Le maneton est terminé par un contre-poids D qui empêche l'attelage de se desserrer tout seul pendant la marche.

Chaque véhicule est muni d'une façon permanente d'un tendeur à chacune de ses extrémités; l'un des étriers est passé à demeure dans l'œilleton O du crochet d'attelage, l'autre restant libre; un seul ten-

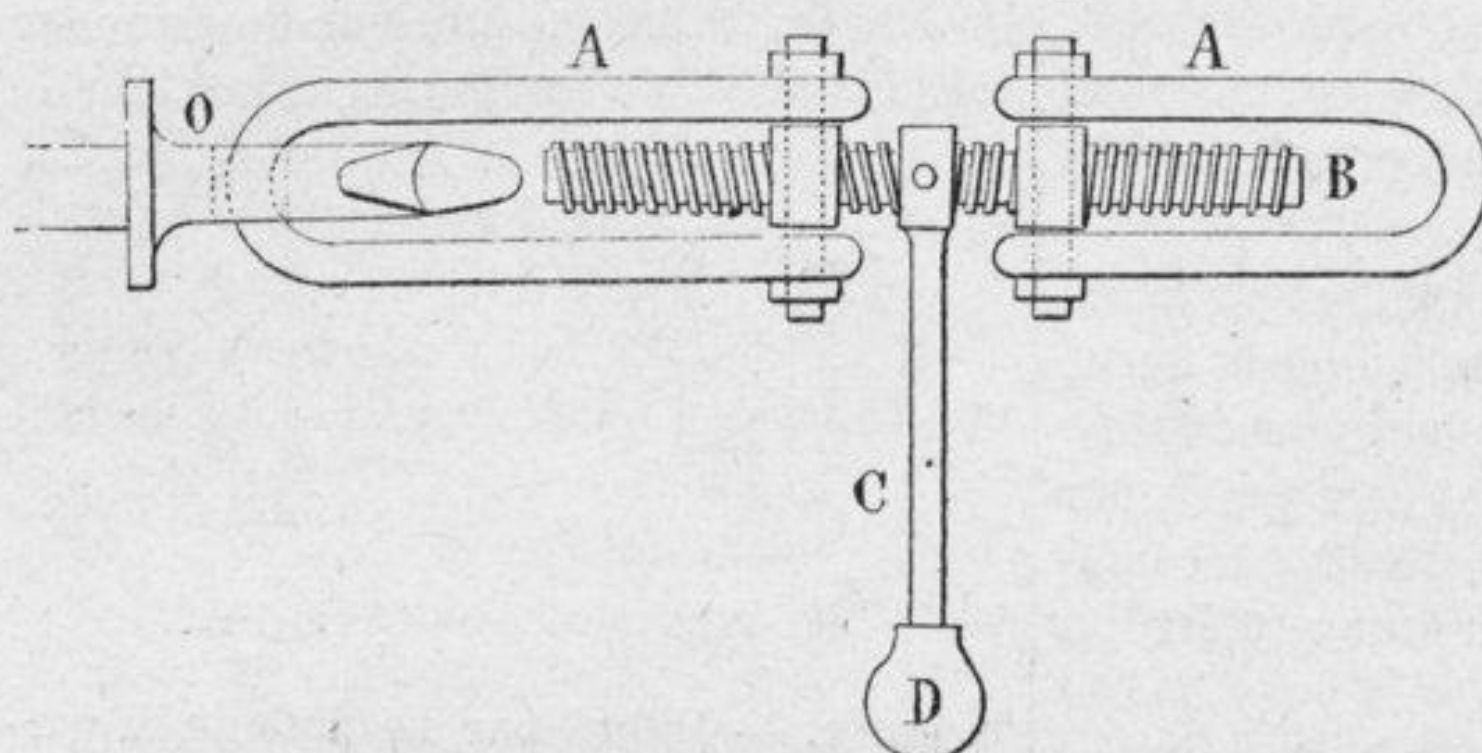


Fig. 131.

deur AA (fig. 131) est formé de deux étriers reliés par une vis B à deux filets inverses. En tournant la vis en sens convenable,

deur est utilisé, l'étrier libre de l'autre est relevé une fois l'attelage fait et accroché au crochet du véhicule auquel il appartient.

§ III. — CHAINES DE SURETÉ

108. Chaines de sûreté. — La liaison des voitures est complétée par deux chaînes de sûreté, fixées aux traverses extrêmes de part et d'autre, au niveau du crochet d'atelage et terminées par des crochets qu'on passe l'un dans l'autre.

Ces chaînes ont pour but de suppléer le tendeur en cas de rupture d'attelage en route; pour éviter qu'elles ne se brisent elles-mêmes sous l'effort de traction au moment de la rupture, les tiges qui les

relient aux traverses sont munies d'une forte rondelle en caoutchouc qui fait ressort.

Lorsqu'on forme un train, les chaînes doivent être accrochées sans être tendues, pour laisser libre le jeu des ressorts de traction.

Elles ne doivent jamais pendre librement, car elles peuvent, à la traversée des croisements, saisir par leur crochet une des pièces de la voie.

§ IV. — FREINS

109. Freins. — Les freins servent à enrayer le mouvement des trains et par suite à les arrêter lorsqu'ils ont cessé d'être actionnés par la locomotive.

L'objet du frein, quelle qu'en soit l'espèce ou le type, est d'exercer sur les roues une pression continue et assez forte pour

les empêcher de tourner et pour les caler.

Le frottement de glissement sur les rails se trouvant, dès lors, substitué en frottement de roulement qui est trente ou quarante fois moindre, la force vive du train se trouve bientôt absorbée par les résistances passives, et le ralentissement

progressif aboutit à un arrêt absolu, cet arrêt est nécessairement d'autant plus instantané que le nombre des véhicules pourvus de freins est, plus considérable, et que ces freins eux-mêmes exercent une pression plus rapide et plus énergique.

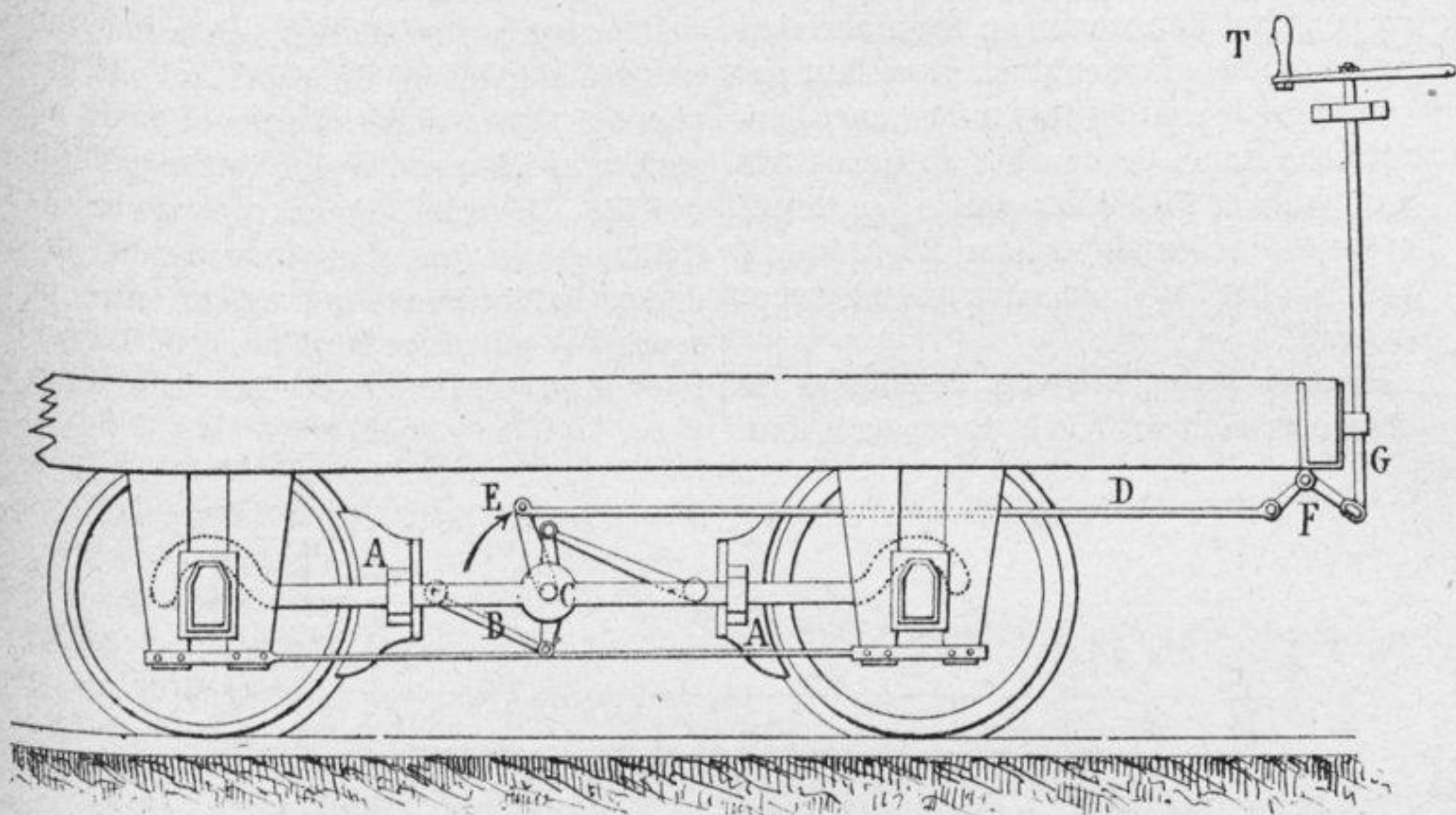


Fig. 132.

Le frein le plus simple et le plus habituellement employé consiste essentiellement en deux sabots AA (fig. 132), articulés par des bielles BB, avec des manivelles calées sur un arbre C dont l'axe est fixe. Le nombre de la disposition des sabots varient, ils pressent toujours simultanément sur les quatre roues, mais cette pression s'exerce soit intérieurement soit extérieurement aux roues.

On peut faire tourner l'arbre C dans le sens de la flèche en tirant, au moyen d'une tige D, sur une autre manivelle E également calée sur l'arbre, en son milieu.

Cette tige est articulée avec un levier coudé F dont l'autre branche s'articule à une tige verticale G qui monte le long du petit côté de la voiture.

Cette tige se termine par une vis sur laquelle le garde-frein agit par un volant-manivelle T, qui ne peut pas se déplacer verticalement. Le garde-frein est placé le plus souvent dans une guérite élevée d'où il peut observer la marche du train.

Pour que la roue se trouve calée par le frein, il faut que le frottement exercé par le sabot soit égal au frottement que produit le glissement de la roue calée sur le rail. Or le coefficient de frottement du fer sur le fer est de 0^m,20, celui du chêne (le sabot) sur le fer est de 0^m,62, il s'ensuit que la pression à exercer sur la roue est environ trois fois moindre que la pression exercée sur le rail.

Néanmoins, cette pression est encore très grande; pour permettre au garde-frein de l'exercer par un effort ordinaire, on a dû diminuer la vitesse de l'appareil, de manière qu'il faut faire faire à la manivelle neuf tours environ par un temps sec et dix-huit par un temps pluvieux ou humide pour serrer les freins.

Il en résulte qu'il faut de quatorze à dix-sept secondes pour serrer les freins, ce qui peut être un inconvénient grave si l'on a besoin d'arrêter immédiatement le train lorsqu'il se présente un obstacle imprévu, car pendant quatorze à dix-sept secondes,

le train parcourt une distance de 270 à 330 mètres. Le frein à sabot est donc très médiocre, et n'est plus en rapport avec la circulation chargée des grandes lignes.

Aussi la plupart des recherches ont-elles eu pour but de trouver un frein arrivant instantanément au contact. Il ne faut pas confondre le contact instantané avec l'arrêt instantané. Ce dernier est impossible à obtenir, et s'il était possible, ce serait absurde de l'employer, car il produirait précisément l'effet du choc que l'on veut éviter.

D'après les calculs des ingénieurs, le choc occasionné par le brusque arrêt d'un

train lancé à la vitesse de 60 kilomètres équivaldrait à une chute de 20 mètres de hauteur.

On ne peut guère espérer pouvoir arrêter à moins de 70 à 100 mètres.

Dans cet ordre d'idées, on a imaginé une grande variété de freins qui ont été plus ou moins expérimentés et nous ne parlerons ici que des plus remarquables.

110. Le frein *Stilmant* consiste essentiellement en un coin A suspendu au-dessus de l'intervalle qui existe entre la roue et le coussinet B qu'on peut laisser tomber en enlevant un crochet de retenue

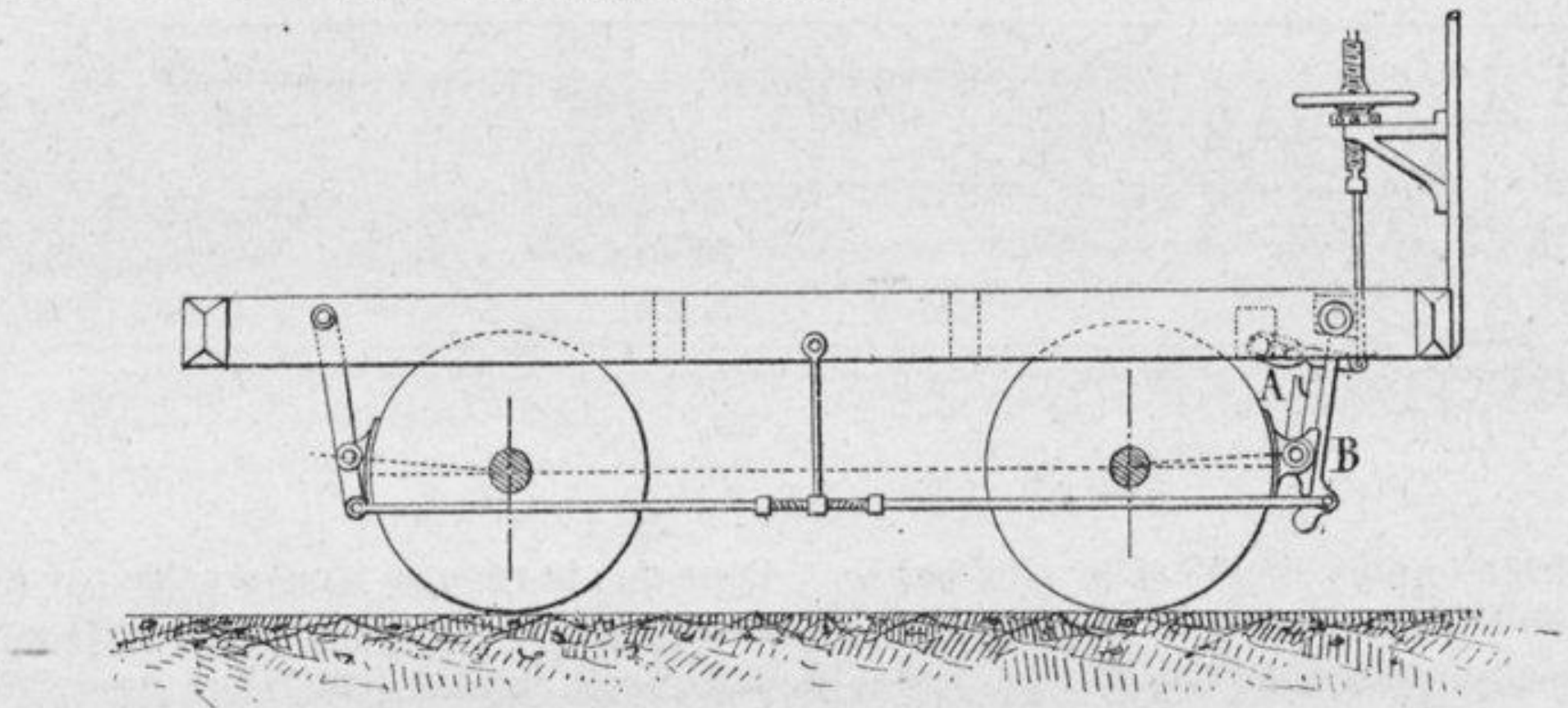


Fig. 133

(fig. 133). La roue l'enfonce elle-même par son mouvement de rotation. L'action commence donc sans perte de temps, et le convoi peut être arrêté au bout de 200 à 300 mètres, une simple inspection de la

figure fera comprendre comment le garde-frein fait fonctionner cet appareil au moyen du volant-manivelle.

111. Le frein *automoteur Guérin* agit presque instantanément et à la volonté du

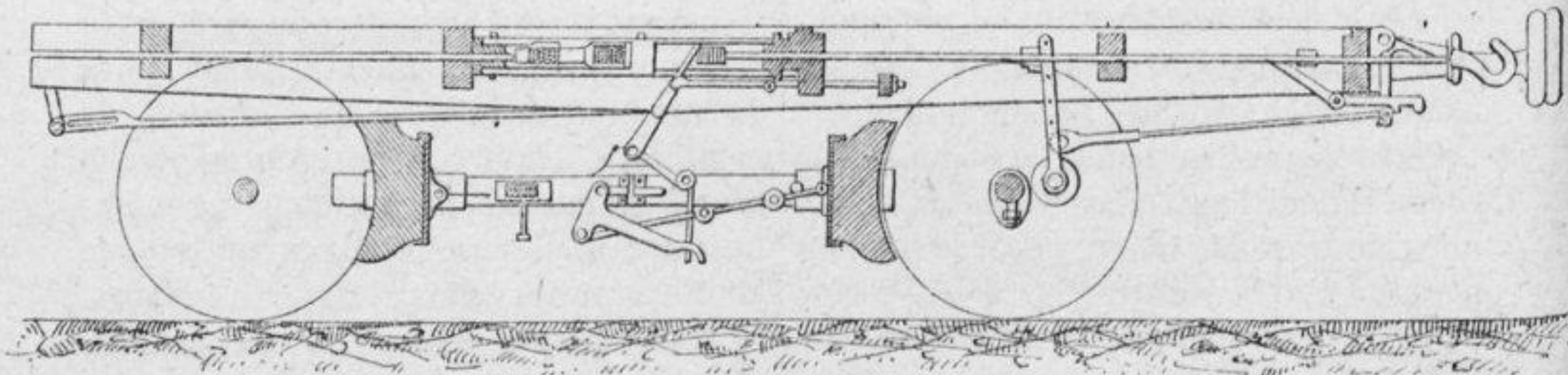


Fig 134.

mécanicien. Celui-ci ferme le régulateur et fait serrer le frein du tender. Tous les autres wagons, marchant alors unique-

ment en vertu de la vitesse acquise, viennent se presser contre le tender ou contre les wagons qui les précèdent.

Il en résulte que toutes les tiges de choc rentrent alors dans leurs logements, et ce sont précisément ces tiges qui produisent la pression des freins. Le serrage est d'autant plus énergique que la vitesse initiale du train est plus considérable ; il cesse naturellement dès que la pression cesse par suite de l'arrêt du train. Une simple inspection de la figure 134, permettra de se rendre compte du fonctionnement de cet appareil.

112. Freins continus. — Les divers systèmes de freins qui viennent d'être décrits nécessitent un agent par frein pour la manœuvre ; de plus, celle-ci n'est pas simultanée pour tous les freins, quelle que soit l'attention apportée par les agents : il en résulte, dans le serrage, une perte de temps qui augmente l'espace parcouru avant l'arrêt, dans les limites qui croissent rapidement avec la vitesse initiale du train.

Pour remédier à cet inconvénient, on a expérimenté en France et à l'étranger divers systèmes de freins continus dont la manœuvre peut être faite, par le mécanicien lui-même ou un agent quelconque du train, et qui permettent d'agir simultanément sur tous les freins.

Il y a trois types principaux de freins continus : 1° le frein électrique ; 2° le frein à vide ; 3° le frein à air comprimé.

113. 1° Le frein électrique Achar (fig. 135) se compose d'un circuit électrique établi sur toute la longueur du train au moyen de deux câbles métalliques isolés, placés sous les voitures reliés à deux piles à commutateur placées dans les fourgons de tête et de queue. Sous chaque voiture, deux câbles de dérivation branchés sur les câbles principaux de droite et de gauche font passer le courant à travers un électro-aimant T, monté sur un arbre *b*, qui participe au mouvement circulaire de l'essieu voisin D au moyen de deux galets de friction F. L'arbre porte deux manchons en fer doux D auxquels sont accrochées les extrémités des chaînes P de

manœuvre des leviers L des freins ; les manchons sont tous sur l'arbre, mais dès que le courant passe dans l'électro-aimant

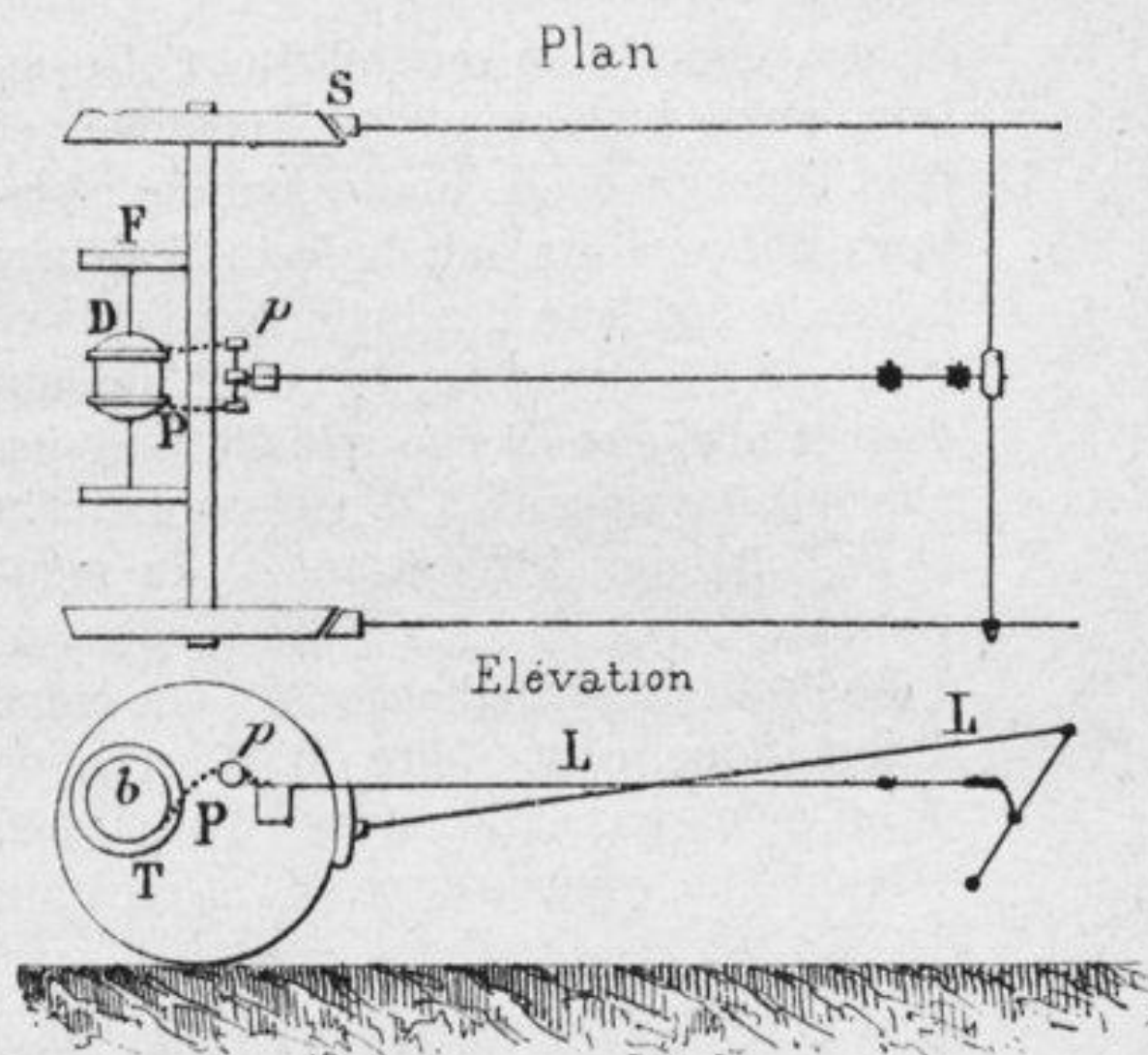


Fig. 135.

ils sont fortement attirés contre lui et participent à son mouvement circulaire ; la chaîne P guidée par la poulie de transmission *p*, s'enroule alors rapidement sur les manchons D ; les sabots S sont amenés au contact ; le calage des roues est presque instantané.

Deux tringles de manœuvre permettent de déterminer ou de faire cesser instantanément le passage du courant et par suite de commander le serrage.

114. 2° Le frein à vide de Smith, qui s'actionne par le moyen de la raréfaction de l'air pratiquée dans des organes appropriés, dont le fonctionnement est fondé sur le même principe mécanique que celui des tuyaux pneumatiques, pour dépêches télégraphiques des pompes aspirantes, etc. Ce frein a une instantanéité et une énergie très grandes ; son mécanisme est actionné par la machine. Il n'est en usage, en France que dans la compagnie du Nord.

115. 3° Le frein Westinghouse à air comprimé. C'est le principe inverse du précédent. Dans ce système, l'action de l'air

comprimé dans un récipient disposé sur la locomotive, se transmet à tous les freins répartis sur les voitures du train, à l'aide de ses conduits en caoutchouc. Cette action, aussi instantanée que possible, et dont l'énergie n'a de limites que la résistance des conduits, fait du frein Westinghouse, le meilleur des instruments de ce genre, à l'heure actuelle. C'est lui qui permet le mieux de mesurer la pression au poids des wagons, à la vitesse du train et aux diverses circonstances du mouvement.

Le frein Westinghouse est en outre automatique, c'est-à-dire qu'il fonctionne de lui-même en cas de rupture d'attelages.

Muni d'un système de ce genre, un train

lourd de marchandises, dont le sixième environ du nombre des wagons serait muni de freins, peut-être arrêté sur un intervalle de 200 mètres, au maximum.

Le frein Westinghouse, comme le frein Smith étant actionné par la machine, est à la disposition du mécanicien, qui peut agir, à la fois, sur tous les véhicules munis de freins. C'est cette circonstance précieuse qui fait ranger ces freins dans la catégorie des freins continus.

Le frein Westinghouse, employé depuis vingt ans à l'étranger, n'est en usage en France que dans la Compagnie du Midi, et dans celle de l'Ouest. Les autres compagnies s'en tiennent encore au frein à sabot, malgré son insuffisance notoire.

§ V. — LOCOMOTIVES

116. On appelle locomotive le moteur à vapeur qui sert à remorquer les trains de chemins de fer.

On distingue dans une locomotive trois organes principaux (fig. 136, 137 et 138).

1° La chaudière ;

2° Le mécanisme ;

3° Le train de voiture.

117. *Chaudières.* — La chaudière est l'organe de production de la vapeur. On

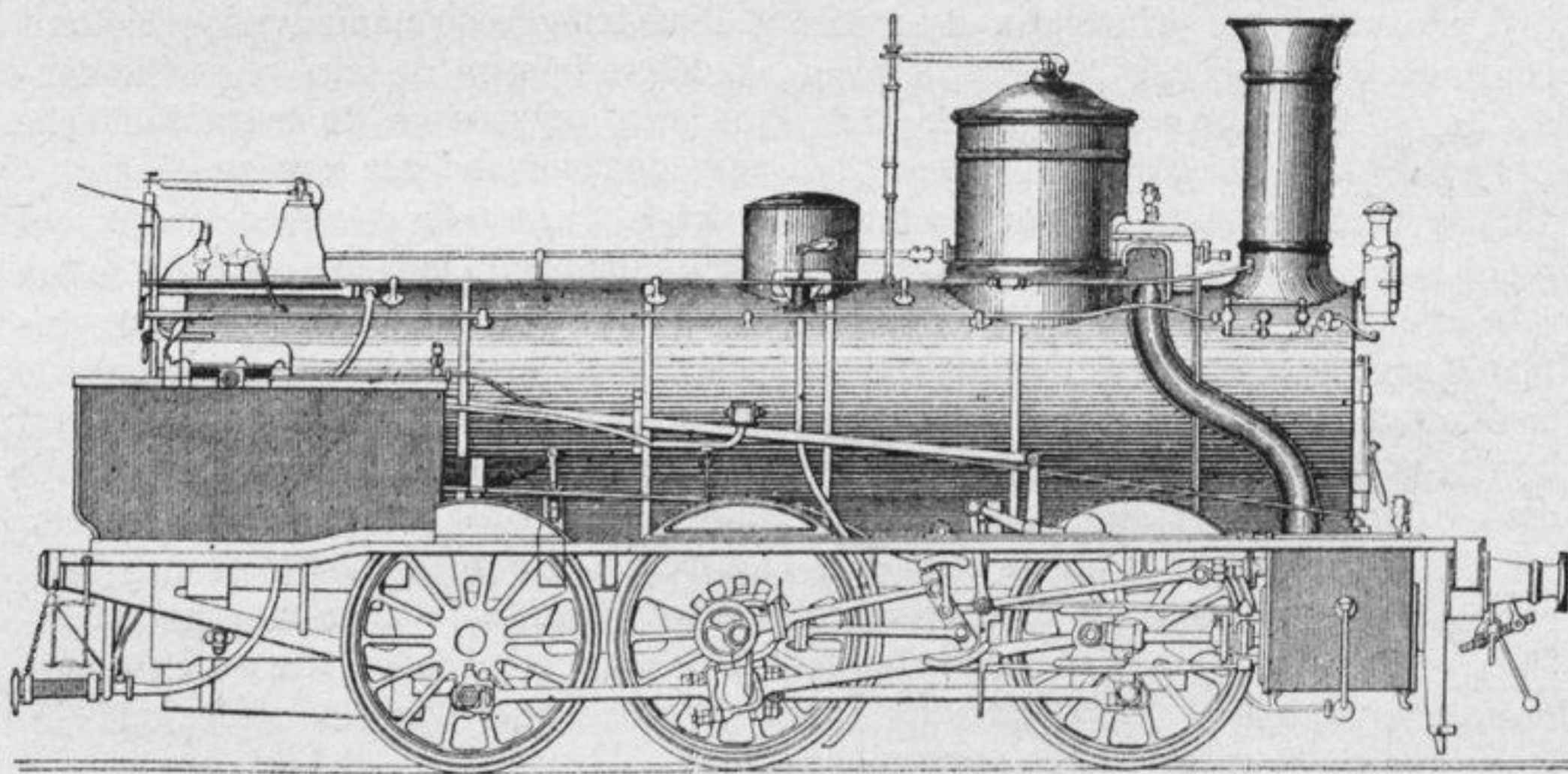


Fig. 136.

y remarque la boîte à feu, le corps cylindrique, la boîte à fumée, la cheminée, le foyer, le cendrier, les tubes, la prise de

vapeur, le régulateur, l'injecteur, et les appareils de sûreté.

118. La boîte à feu A est un parallélé-

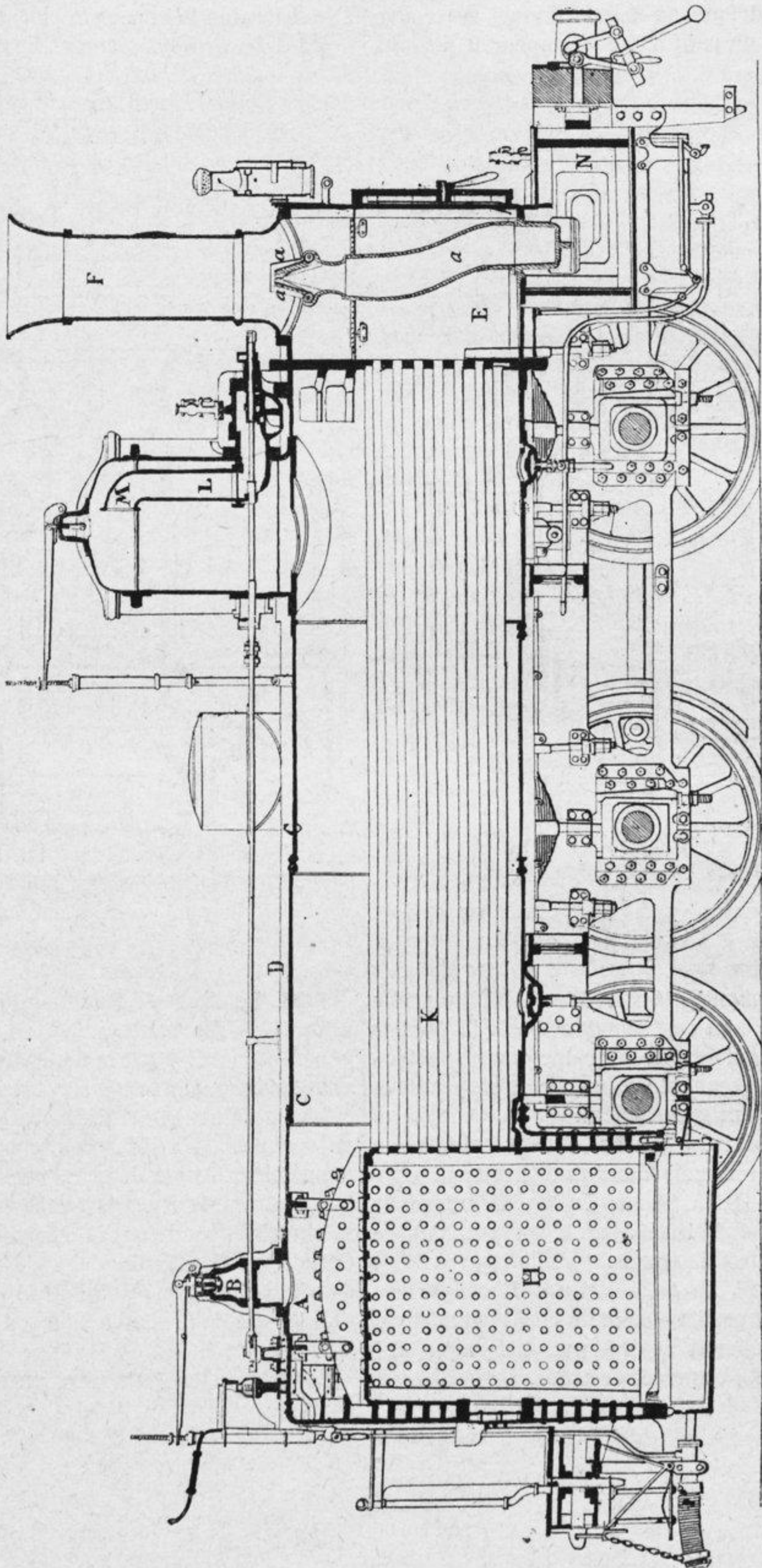


Fig. 136 bis.

pipède en tôle surmonté d'un berceau cylindrique au-dessus duquel se trouve placé un petit dôme de vapeur B portant le sifflet à vapeur : c'est dans ce dôme que s'emmagine la vapeur la plus sèche.

119. Le corps cylindrique C forme le pro-

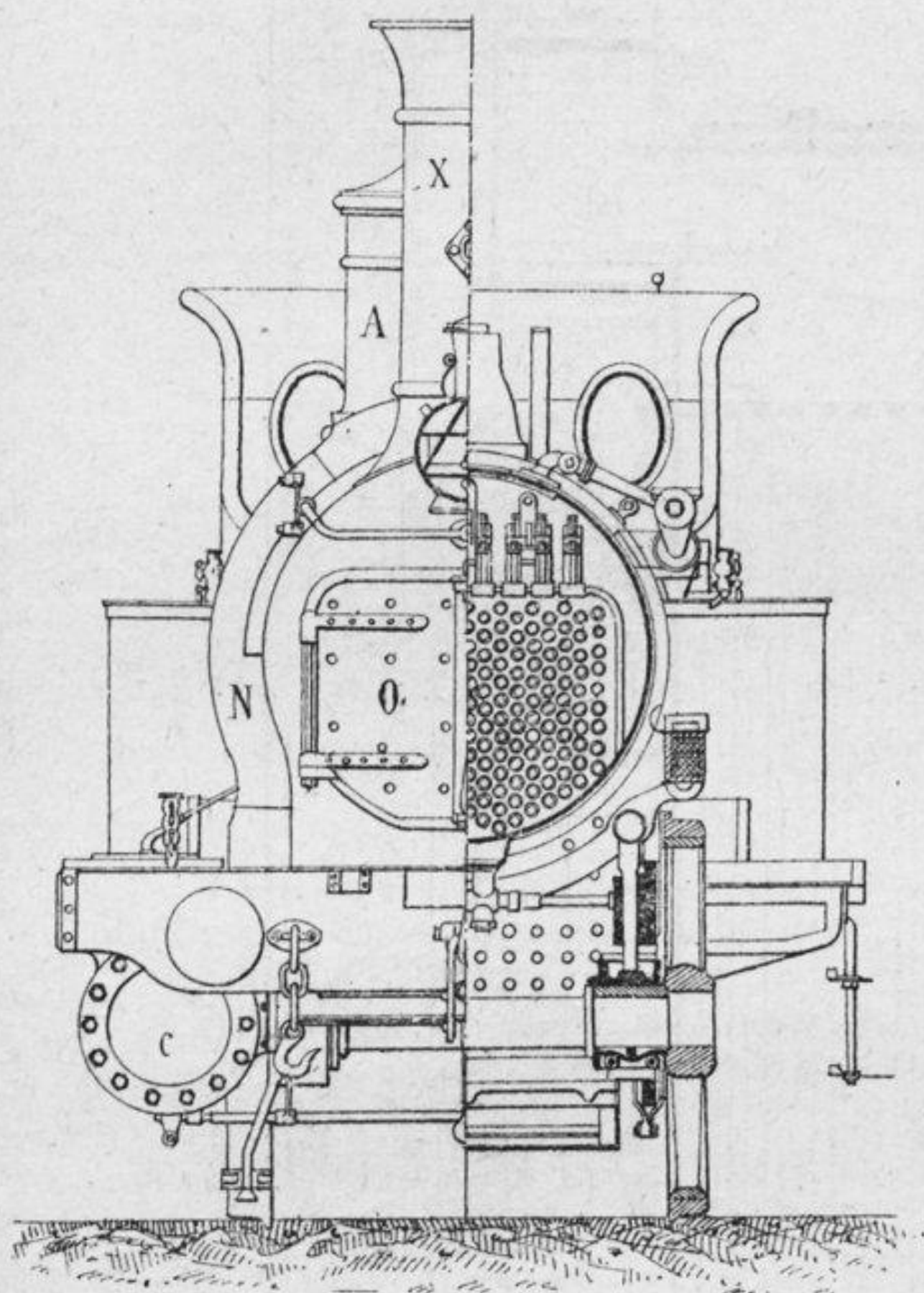


Fig. 137.

longement de la boîte à feu. Il est fait en tôle de fer dont on a soin de disposer les feuilles de manière que leur longueur, c'est-à-dire le sens du laminage soit perpendiculaire aux génératrices.

La boîte à feu et le corps cylindrique sont contenus dans une enveloppe extérieure D en tôle de fer ou de cuivre, et qui est destinée à protéger la chaudière du refroidissement.

120. La boîte à fumée E est formée par le prolongement du corps cylindrique dont elle est séparée par une plaque circulaire, et percée de trous.

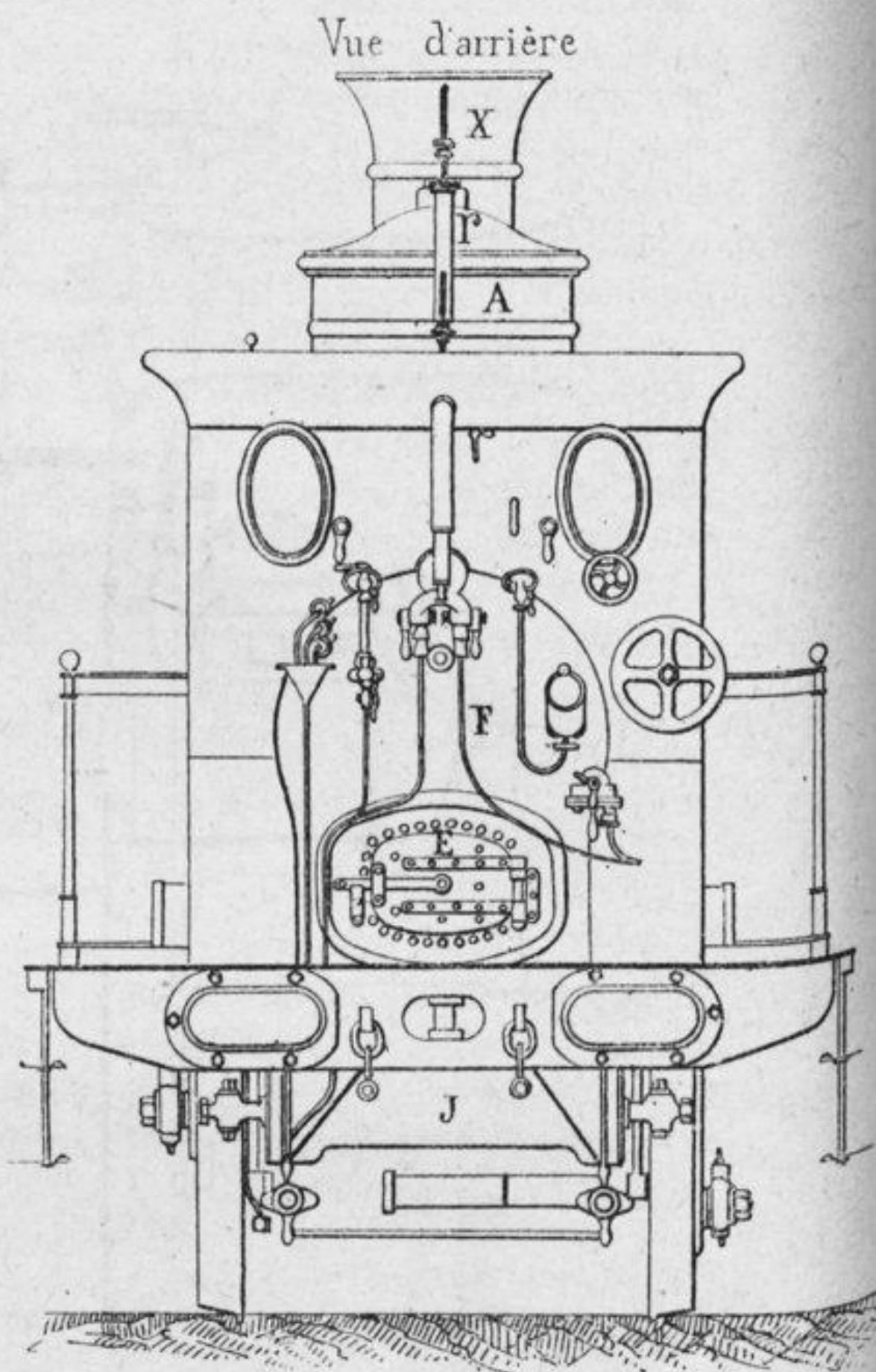


Fig. 138.

121. La cheminée F surmonte la boîte à fumée. — La hauteur donnée à cet organe a été limitée par la nécessité de pouvoir passer sous les tunnels ; or cette hauteur est trop faible pour produire le tirage naturel, et on a dû recourir au tirage artificiel, au moyen de la vapeur qui après avoir agi sur les pistons s'échappe dans la cheminée par le tuyau d'échappement. Cette vapeur entraîne alors l'air situé dans la boîte, et par suite de ce vide partiel, les gaz de la combustion sont aspirés à travers les tubes.

Le mécanicien peut faire varier à vo-

lonté le tirage au moyen d'une tige qui ouvre plus ou moins deux clapets *a a* placés à l'orifice du tuyau d'échappement.

Le tirage ainsi produit ne peut fonctionner qu'en marche. En station la vapeur est introduite directement de la chaudière dans la cheminée par un tube qu'on appelle le souffleur, que le mécanicien manœuvre au moyen d'une tringle et d'un robinet.

122. Le foyer H est placé à l'arrière; c'est une espèce de caisse en tôle de fer ou de cuivre, dans laquelle on introduit le combustible par une porte placée vers le milieu de sa hauteur. Pour empêcher le ciel et les parois du foyer de fléchir sous la pression extérieure de la vapeur, on consolide le premier par de fortes armatures en fer, et les parois par de nombreuses entretoises en cuivre rivées aux faces opposées qu'elles relient.

La grille est formée de barreaux longitudinaux ordinairement en fer.

Le combustible employé est le coke, le charbon de terre et les briquettes de charbon aggloméré.

Il importe que le mécanicien puisse jeter rapidement son feu dans certains cas: dans ce but, la grille est disposée de manière à pouvoir basculer ou se renverser complètement pour jeter le feu.

123. Le cendrier J est placé au-dessous de la grille, et destiné à recueillir les escarbilles enflammées, qui sans cela tomberaient sur la voie et pourraient occasionner des incendies. Il est, comme la grille, disposé de manière à pouvoir basculer pour jeter le feu.

A l'exception du cendrier, le foyer est de toutes parts entouré d'une double enveloppe éloignée de 0,10 à 0,12 et maintenue par des entretoises. L'eau de la chaudière circule entre cette enveloppe et le foyer, dont toute la surface de chauffe est utilisée.

124. Les tubes K sont destinés à augmenter encore la surface de chauffe. Ils sont placés longitudinalement dans le corps cylindrique et les gaz, provenant

de la combustion, viennent s'y engager à leur sortie du foyer. C'est entre ces tubes que se trouve la plus grande partie de l'eau à vaporiser. Ils sont en cuivre ou en laiton; leur longueur varie 3 à 4 mètres, leur diamètre de 4 à 5 centimètres, leur nombre de 120 à 200 suivant les machines.

125. Prise de vapeur. — Régulateur. — La prise de vapeur et le régulateur peuvent être réunis ou séparés. En principe il est avantageux de les réunir afin de réduire le volume de vapeur contenu dans le tube adducteur qui, lorsqu'on ferme le régulateur, constitue une sorte d'espace nuisible.

Le tuyau de prise de vapeur L débouche dans le dôme et a son extrémité supérieure recourbée en col de cygne. Il puise la vapeur dans la partie la plus élevée, c'est-à-dire là où elle est le plus sèche; puis il se bifurque ensuite en deux tuyaux qui aboutissent aux boîtes à vapeur. Il est ordinairement en cuivre.

Le régulateur M est un tiroir à fenêtres allongées qui se meut sur une plaque bouchant l'orifice du tuyau de prise de vapeur, laquelle est elle-même percée de fenêtres identiques aux précédentes.

Le régulateur est manœuvré au moyen d'un levier horizontal, placé au-dessus de la boîte à feu, et commandant une tige qui agit sur le tiroir par l'intermédiaire d'un petit levier coudé.

126. L'Injecteur. — L'eau nécessaire à la vaporisation est contenue dans la partie creuse du tender; l'alimentation de la chaudière se fait au moyen d'une pompe ou d'un injecteur.

L'Injecteur, qui a presque partout remplacé les pompes est fixé sur le flanc de la machine, vers la partie supérieure du corps cylindrique (*fig. 139*).

Il se compose de deux tuyaux *t, t'* communiquant, l'un avec la vapeur et l'autre avec l'eau de la chaudière; ces tuyaux se terminent par un élément tronconique et se rejoignent dans une cavité C en communication avec l'air extérieur par les

deux ouvertures o, o' ; l'aiguille a , qui manœuvre le volant v , permet de fermer ou d'ouvrir la communication entre les deux tuyaux.

L'appareil étant ouvert, la vapeur pénètre en t , s'échappe avec une grande force par l'extrémité tronconique, entraîne avec elle l'eau d'alimentation amenée du

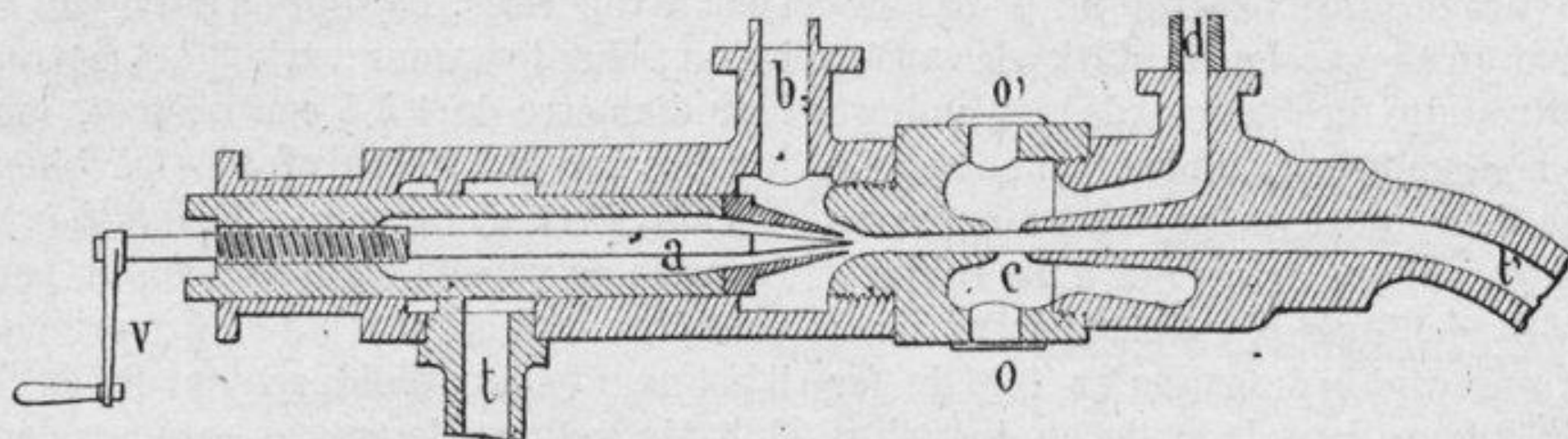


Fig. 135.

tender par le tuyau b , et la chasse en t' , en refoulant l'eau de la chaudière; un volant permet de régler la quantité d'eau amenée par le tuyau b et appelée, par aspiration, à l'extrémité tronconique du tuyau de vapeur. Le tuyau d recueille les petites quantités d'eau projetées en c .

Pour que l'appareil fonctionne, l'eau d'alimentation ne doit pas dépasser une certaine température, 30° au maximum; elle est d'ailleurs réchauffée par son mélange en t' .

127. Appareils de sûreté (fig. 136, 137 et 138.) Ces appareils comprennent, indépendamment du jette-feu, dont il a été parlé:

1° deux soupapes de sûreté analogues à celles des machines fixes, avec cette différence, pourtant, que le levier est comprimé par un ressort au lieu de l'être par un poids;

2° Un manomètre Bourdon;

3° Un tube de cristal indicateur du niveau;

4° Trois robinets étagés devant fournir, celui du dessus, de la vapeur, celui du dessous, de l'eau, celui du milieu doit être à hauteur du niveau réglementaire de l'eau et suivant qu'il donne de l'eau ou de la vapeur, on sait si ce niveau est dépassé ou n'est pas atteint.

5° Le bouchon fusible du ciel du foyer. Ce bouchon est en plomb et forme le

noyau d'une garniture de cuivre vissée dans le ciel. Si le niveau s'abaisse au-dessous de la partie supérieure du bouchon taraudé, le plomb n'étant plus refroidi par l'eau, fond; et la vapeur, se précipitant dans le foyer, éteint le feu et empêche ainsi l'explosion de la chaudière.

128. 2° Mécanisme. — On distingue dans le mécanisme, les cylindres, le piston, la bielle, la manivelle, les excentriques, la coulisse, la boîte, le tiroir.

Les cylindres N sont placés à l'avant et de chaque côté de la machine. Un piston O se meut dans chacun de ces cylindres sous l'action de la vapeur qu'il reçoit alternativement sur l'une ou l'autre de ses deux faces. L'extrémité O de la tige du piston est guidée dans une marche rectiligne suivant l'axe du cylindre par les deux glissières P fixées à l'extrémité du cylindre; la tête de la tige du piston est articulée avec la bielle motrice R dont la tête à l'autre extrémité est articulée avec le bouton de la manivelle S , fixé à l'une des roues motrices.

Le nombre des cylindres est de deux, afin que la locomotive puisse toujours démarrer.

L'on sait en effet que dans la transformation du mouvement rectiligne alternatif, un mouvement circulaire continu de la roue, au moyen du piston, de la bielle et de la manivelle, il arrive deux fois par

tour de roue que la tige du piston, la bielle et la manivelle sont en ligne droite. Les points où cette coïncidence se produit sont appelés des points morts, parce que, si la machine était à l'arrêt et qu'on voulût partir, la vapeur qu'on introduirait derrière le piston ne servirait qu'à tendre la tige et la bielle, mais ne mettrait pas la roue en mouvement. En prenant deux cylindres, et en calant les deux manivelles de manière qu'elles forment entre elles un angle de 90 degrés, on évite cet inconvénient, car, lorsqu'une des deux manivelles est horizontale, c'est-à-dire au point mort, l'autre manivelle est verticale et à son maximum d'action; c'est donc celle-ci qui entraîne l'autre et par suite le train.

Sur l'essieu de la roue motrice sont calés deux excentriques T, dont le disque est entouré d'un collier mobile à frottement doux et muni d'une barre rigide U; les barres des deux excentriques se terminent à une coulisse U, appelée coulisse Stephenson, qui les réunit; dans cette coulisse s'engage le bouton *a*, extrémité d'un levier articulé avec la tige du tiroir, laquelle pénètre dans la boîte à vapeur, placée latéralement.

129. Pour se rendre compte de la marche de la locomotive, il est nécessaire d'étudier le mode de distribution de la vapeur,

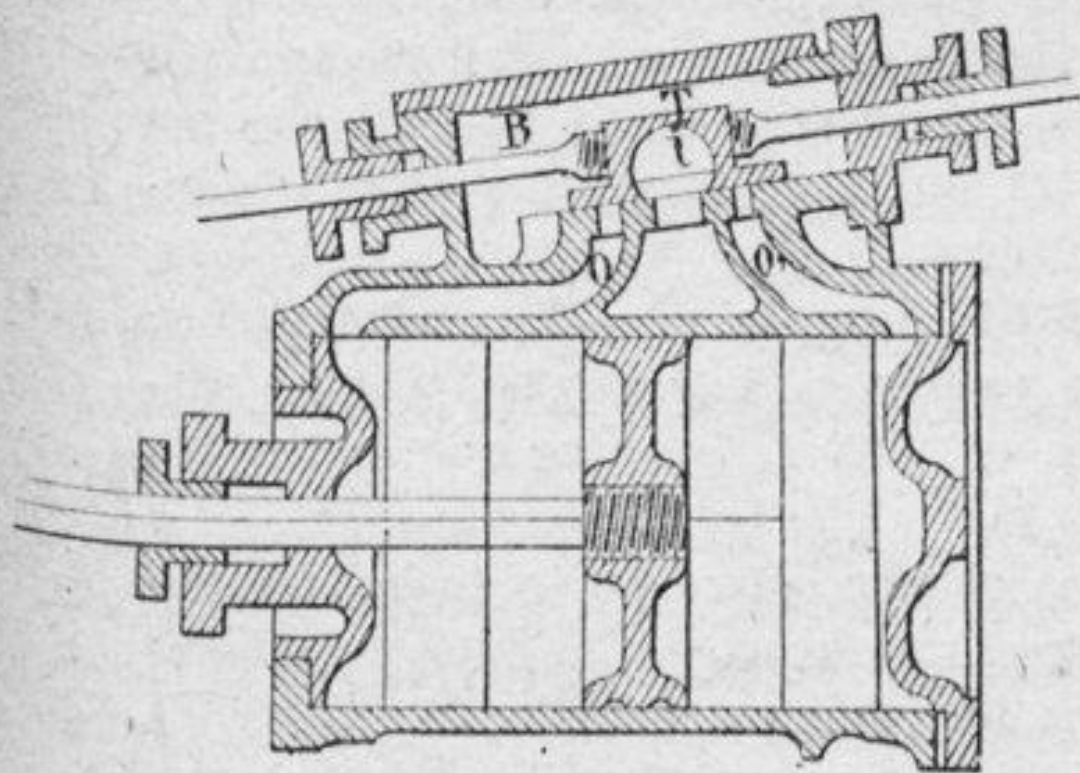


Fig. 140.

qui se fait à l'aide d'un seul tiroir en coulisse (fig. 140).

La vapeur arrive dans la boîte par un

tuyau communiquant avec la chaudière; cette boîte communique avec le cylindre par deux ouvertures *oo'*; un tiroir T couvre et découvre alternativement les lumières suivant le mouvement de va-et-vient qui lui est communiqué par les excentriques au moyen de la tige reliée à la coulisse de Stephenson. Ce mouvement est l'inverse de celui du piston, de sorte que, dans son mouvement, le tiroir découvre toujours la lumière vers laquelle vient de s'avancer le piston.

La figure précédente montre la position du tiroir lorsque la machine est à l'arrêt; les rebords du tiroir recouvrent les deux ouvertures ou lumières d'introduction. Pour faire marcher la machine, le mécanicien fait mouvoir le levier de commande U (fig. 139) dont l'extrémité inférieure s'articule avec une tringle et un système à contre-poids fixé au milieu de la coulisse V, et qui permet de l'élever ou de l'abaisser, de façon à faire la tête de la tige, du tiroir par l'un ou l'autre des excentriques.

Lorsque le mécanicien pousse le levier en avant, le tiroir découvre la lumière d'arrière, la vapeur arrive à la face postérieure du piston et le pousse en avant; le mouvement est transmis à la roue motrice par la tige du piston, la bielle et la manivelle, de sorte que la locomotive marche en avant.

Lorsque le tiroir est arrivé au bout de sa course, il revient et découvre la lumière d'avant, la vapeur arrive alors à la face antérieure du piston, qu'elle ramène en arrière pendant qu'à son tour le tiroir retourne vers l'avant en découvrant la lumière d'arrière, et ainsi de suite. La vapeur qui a produit son effet utile est chassée du cylindre lors de la marche en retour du piston; elle s'échappe par la lumière qui lui avait donné accès, puis par l'ouverture *i*, et le tuyau d'échappement.

Pour obtenir la marche en arrière, le mécanicien n'a qu'à tirer son levier en arrière; c'est alors l'excentrique inverse

qui conduit et produit naturellement des effets inverses de ceux qui viennent d'être décrits.

Comme la manœuvre est parfois très dure, du lieu de mouvoir ce levier à la main, on agit sur lui, aujourd'hui, au moyen d'un volant-manivelle.

Entre les deux points extrêmes de la course au levier, on peut, en plaçant ce dernier dans une position intermédiaire, restreindre la course du tiroir et par suite la quantité de vapeur admise; dès que l'admission cesse, la vapeur déjà introduite se dilate et continue à agir sur le piston; on dit alors qu'elle travaille en détente, ce qui est plus économique.

On voit par là que si l'on peut obtenir de fortes détentes dans les chemins de fer, c'est à cause de la coulisse, qui réduisant la course du tiroir, permet à celui-ci de revenir sur ses pas presque aussitôt après qu'il a découvert la lumière.

Il est un certain point où l'admission de la vapeur est minimum, ce point est appelé *le point mort*.

Pour arrêter, le mécanicien ferme le régulateur et met la coulisse au point mort.

Pour repartir, il manœuvre la coulisse d'abord, puis ouvre le régulateur.

L'écrou qui termine le levier, et qu'on fait avancer ou reculer en tournant une vis horizontale au moyen du volant-manivelle, se meut sur une planchette métallique graduée, qui indique les fractions de course pendant lesquelles a lieu l'admission.

Les machines portent au-dessus du corps cylindrique une boîte à sable ou sablière, sorte de trémie contenant du sable fin que des tuyaux amènent au-devant des roues motrices. Le mécanicien manœuvre cet appareil au moyen d'une tringle lorsqu'il est nécessaire de faire arriver du sable sur les rails pour empêcher la locomotive de patiner à cause de l'humidité ou du verglas.

130. 3° Train de voiture. — La machine que nous venons de décrire repose

sur un support ou châssis composé de deux longerons généralement en fer, avec lesquels s'assemblent les traverses extrêmes. Ces longerons sont pourvus de plaques de garde dans lesquelles sont fixées les boîtes à huile.

Ce qui a été dit pour les wagons, s'applique en principe aux locomotives, avec cette différence que c'est par sa poussée sur les plaques de garde que l'essieu moteur entraîne le châssis, lequel entraîne à son tour les essieux porteurs par les plaques.

131. Plaque de garde. — Les locomotives sont, sous le rapport de la circulation en courbe, dans de bien plus mauvaises conditions que les wagons.

En effet, l'essieu antérieur, à moins d'être guidé par un dispositif particulier, et l'essieu moteur, quelle que soit sa position, se refusent au jeu de convergence qu'admettent les essieux des wagons. S'il y a des essieux couplés, ils sont toujours, sous ce rapport, dans les mêmes conditions que l'essieu moteur. Il n'y a pas non plus de jeu longitudinal, car le bout d'essieu moteur doit être dans le plan d'oscillation de la bielle et de la manivelle.

132. Boîtes à huile. — Le graissage locomotives se fait toujours à l'huile.

Les boîtes employées sont plus simples que celles des wagons, car il y a surveillance incessante du mécanicien sur ces boîtes, qui sont toujours à réservoir supérieur.

133. Suspension. — La suspension se fait au moyen de ressorts à feuilles étagées et plus résistantes que celles des wagons.

La charge est reportée du châssis sur les ressorts au moyen de broches enfilées dans des trous percés dans les extrémités des feuilles supérieures.

Ces trous doivent être ovalisés suivant la longueur du ressort, afin que, dans les déformations du système, la broche ne vienne pas presser la tranche des lames. Les broches taraudées reçoivent un écrou

qui reporte la charge sur deux mamelons latéraux de la maîtresse feuille. C'est au moyen de ces écrous qu'on fait varier la répartition de la charge totale sur les divers essieux.

Les ressorts reposent sur les boîtes à huile par des chandelles assemblées avec elles.

134. Essieux. — L'ensemble du système du châssis est porté par des essieux en fer d'un fort équarissage.

On a essayé de remplacer le fer par l'acier fondu, mais les premiers essais ont eu peu de succès.

135. Roues. — Les roues sont plus fortes et d'un diamètre plus grand que celles des wagons. Elles sont en fer et quelquefois en acier. Elles sont au nombre de six ou huit, dont deux seulement, les *roues motrices*, sont directement mises en mouvement par le mécanicien, les autres sont les *roues porteuses*.

Les roues motrices sont confectionnées d'une façon spéciale, car elles fonctionnent à la fois comme roues de support et comme poulies sur lesquelles s'enroulerait une corde ayant pour tension l'effort de traction. Chacun des rais est donc un solide comprimé suivant son axe, encastré à un bout dans le moyeu et sollicité, à l'extrémité libre, par une force normale égale à l'effort de traction divisé par le nombre de rais, ce qui conduit à renfler ceux-ci de la jante au moyeu, dans le plan de la roue.

Les réactions des rails sur les mentonnets étant plus prononcées dans les roues des locomotives que dans celles des wagons, le renflement est également plus considérable.

Les roues à disque plein sont peu usitées pour les machines. On n'en fait guère, du reste, qu'en acier fondu, et alors elles sont d'une seule pièce, sans bandage rapporté.

136. Bandages. — Les bandages se font généralement en acier fondu, et sont plus forts que ceux des roues des wagons, mais ils sont construits de la même façon et

d'après les mêmes principes que ces derniers.

Plate-forme. — A l'arrière se trouve la plate-forme sur laquelle se tiennent le mécanicien et le chauffeur; un tablier mobile la relie au tender; elle est entourée d'un garde-corps qui se prolonge sur une certaine longueur le long de la machine dont il facilite l'entretien et le maniement des divers organes en marche.

137. Chasse-pierres, chasse-neige. — Ces appareils, quand il y a lieu de les employer, sont boulonnés à l'avant de la machine.

138. Appareils et organes divers. — Le mécanicien, sur sa plate-forme, dispose des appareils et organes suivants

1° *Devant lui.*

Le levier du régulateur;

Le levier du sifflet;

Le manomètre Bourdon;

L'indicateur à tube de cristal;

Les trois robinets étagés;

Le robinet du fumivore;

Le robinet du réchauffeur;

2° *A sa gauche:*

L'injecteur Giffard;

Le volant-manivelle qui manœuvre le jette-feu;

La manette du souffleur;

La manette de la tringle qui manœuvre la valve de la sablière;

3° *A sa droite:*

Le volant-manivelle de l'appareil de changement de marche;

Les robinets de l'appareil de marche à contre-vapeur;

Le manette de la tringle qui commande l'échappement;

4° *Derrière lui:*

Le volant-manivelle qui commande le frein du tender.

Tender. — Chaque machine est constamment suivie d'un véhicule spécial, nommé tender destiné, à porter l'approvisionnement d'eau et de combustible.

Ce véhicule est peu compliqué et se compose essentiellement (*fig. 141*) d'une caisse à eau A affectant la forme d'un

fer à cheval, dont le milieu B sert à emmagasiner le combustible ; en avant se trouvent les volants qui servent à manœuvrer les vannes de la caisse à eau, et le frein ; à l'arrière se trouvent les caisses C contenant les outils et accessoires.

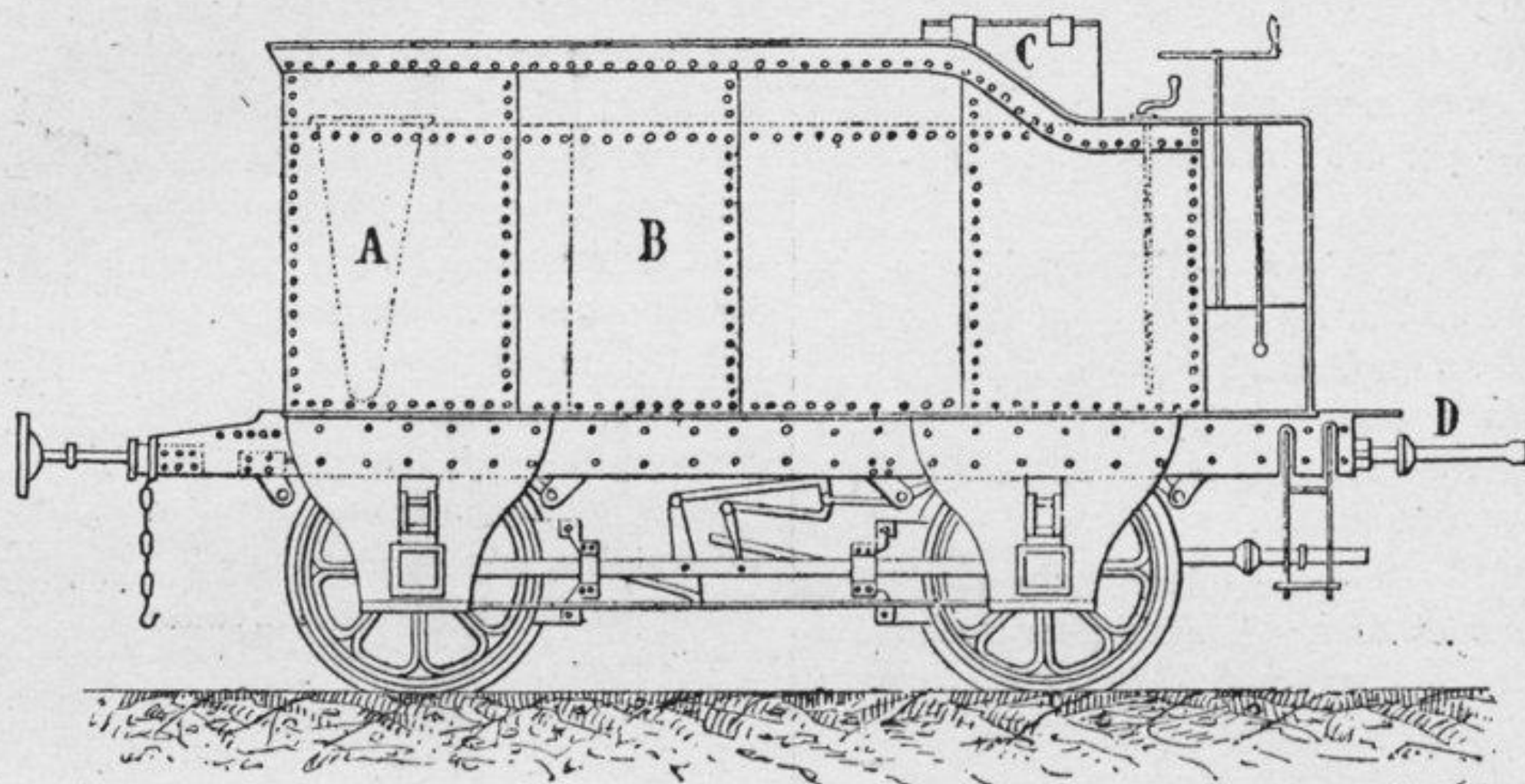


Fig. 141.

L'attelage de la locomotive et du tender se fait au moyen d'une barre d'attelage D qui passe sous la plate-forme de la machine et s'engage dans une barre semblable ; un goujon, passé dans l'œil des barres d'attelage, assure la fixité tout en permettant un certain jeu latéral.

Les types de tender ne varient guère, mais leur capacité s'est accrue en même temps que la force des machines, de sorte que, aujourd'hui, les caisses contenant 10 mètres cubes d'eau sont fréquentes.

La dépense de combustible est, en poids, au plus $1/7$ de la dépense d'eau, mais il y a peu d'inconvénients, au point de vue du poids mort, à en emporter un excédent ; néanmoins on ne dépasse pas 6000 kilos de charbon.

Les tenders doivent être aussi légers que possible, mais certains d'entre eux pèsent jusqu'à 12000 kilos vides, et contiennent 10 mètres cubes d'eau et 4000 kilos de combustible.

139. Condition de marche des locomotives. — Nous avons dit, dans la première partie du cours, que la force qui permet à la locomotive de se mouvoir et de re-

morquer un certain nombre de véhicules c'est l'adhérence, et nous avons démontré que cette force est égale au poids de la locomotive multiplié par le coefficient de frottement.

Lorsque la machine marche en avant, on dit qu'elle *roule* ; lorsque, au contraire, elle tourne, sur place sans avancer, on dit qu'elle patine.

Le patinage se produit dans deux cas principaux : 1° au démarrage, 2° en forte rampe.

1° Au *démarrage*, l'effet de traction que doit exercer la locomotive est plus grand que la résistance du train en marche, de toute la force d'inertie opposée par ce train au mouvement qu'on veut lui communiquer. En d'autres termes, outre l'effort nécessaire pour vaincre la résistance qu'opposera le train une fois parvenu à sa vitesse normale, il faut une force accélératrice c'est-à-dire capable de communiquer à ce train toute la force vive dont il a besoin pour passer de la vitesse zéro à la vitesse de marche.

Or il peut se faire que cet effort de traction nécessaire dépasse la limite de

l'adhérence, c'est ce qui arrive au mécanicien quand il veut partir trop vite ; la force d'inertie est alors trop grande.

Il faut donc se mettre plus doucement en train, d'abord parce que la force d'inertie sera moindre si l'accélération est moindre ; ensuite parce que la machine n'aura affaire à l'inertie des wagons qu'isolément et successivement, ce qui n'a pas lieu quand on démarre tout d'une pièce.

2° *Sur de fortes rampes*, le patinage se produit aussi fréquemment.

En effet, à cause de la résistance spéciale due à la rampe, on marchait avec une adhérence très voisine de son maximum ; si à un certain endroit, le rail est plus glissant par suite d'humidité ou de verglas, on ne peut plus avancer.

Le mécanicien cherche alors à augmenter le coefficient de frottement en laissant couler un peu de sable contenu dans le sablier placé au-dessus du corps cylindrique ; ce sable, par un tuyau courbe qui enveloppe la roue motrice, vient se déposer en avant de son point de contact et lui permet de mordre sur le rail.

Enfin quand les conditions climatériques sont défavorables, on est obligé de réduire les charges.

Pour obtenir une adhérence très grande, on a imaginé d'accoupler par une bielle, dite d'accouplement, plusieurs essieux ensemble. Ils sont alors forcés de tourner d'un mouvement commun, lorsque la bielle motrice attaque l'un d'eux. Ce moyen a donné de bons résultats, et il est généralement employé actuellement pour les machines qui ont à opérer de fortes tractions.

Cet accouplement des essieux par une bielle articulée sur deux manivelles égales et parallèles, est des plus simples en principe, mais pour le réaliser pratiquement, il a fallu faire subir à la bielle certaines modifications.

C'est que, en fait, la locomotive ne roule pas sur une surface parfaitement plane, de sorte que la ligne des centres, comme

celle des points de contact sur les rails, se brise à chaque instant, en suivant les inflexions de la voie.

Il faut donc que la ligne des boutons des manivelles puisse se briser aussi, et par suite, que la bielle de connexion soit munie d'articulations ou remplacée par plusieurs bielles séparées, placées dès lors dans des plans verticaux différents, et conjuguant deux à deux les boutons, d'une longueur convenable, sur lesquels ils sont étagés.

De ces deux méthodes, c'est l'articulation qui est la plus usitée : elle consiste en une simple charnière horizontale. Une seule suffit pour deux essieux, il en faut deux pour quatre essieux, trois pour cinq essieux, etc.

140. — Marche à contre-vapeur. — On conçoit très bien que, une locomotive, étant en mouvement dans un certain sens, si, à un moment donné, on fait arriver la vapeur à pleine pression contre le piston, de manière à retarder sa marche, la tendance au glissement de la roue motrice, sera alors en sens contraire du sens ordinaire, c'est-à-dire vers l'arrière. Elle s'ajoutera donc à toutes les résistances ordinaires, pour atteindre peu à peu la vitesse du train.

Les avantages de la marche à contre-vapeur sont de remplacer les freins qui usent beaucoup les jantes, ou tout au moins d'ajouter son effet à celui des freins pour enrayer le train.

Les inconvénients sont de fatiguer le mécanisme et d'exiger un certain nombre de précautions pour son emploi ; néanmoins, comme les avantages de cette méthode sont plus grands que les inconvénients, elle n'a pas tardé à se généraliser.

141. — Des différentes espèces de locomotives. — Les locomotives peuvent se classer en trois catégories principales : grande, petite et moyenne vitesse.

Les locomotives à grande vitesse servent pour les trains-poste et les express. Elles n'ont qu'un seul essieu moteur et de grandes roues motrices. Ces machines sont généralement du système Crampton.

Leur vitesse est de 50 à 80 kilomètres à l'heure; leur poids, de 10 à 13 tonnes.

Les locomotives à petite vitesse, sont employées pour les trains de marchandises. Elles sont destinées à exercer de grands efforts de traction, et, pour cette raison, n'ont que de petites roues toutes motrices. On distingue deux espèces de ces machines, celles dites ordinaires, qui ont trois essieux couplés, et celles dites de grande puissance, qui ont quatre essieux couplés. Les premières ont une vitesse de 15 à 30 kilomètres à l'heure, et un poids de 30 à 39 tonnes; les secondes ont la même vitesse mais un poids de 40 à 52 tonnes.

Les locomotives à moyenne vitesse servent pour les trains mixtes, c'est-à-dire qui transportent à la fois des voyageurs et des marchandises. Elles ont des roues moyennes et deux essieux couplés seulement. Leur vitesse est de 30 à 50 kilomètres à l'heure, leur poids, de 20 à 26 tonnes.

Depuis quelques années, on tend à délaisser les machines Crampton à un seul essieu moteur, à cause de leur manque d'adhérence. — On a cherché des moyens de remédier à cet inconvénient sans toucher au type, c'est-à-dire sans accoupler les essieux, mais on n'a pas réussi. On en est alors revenu aux locomotives à deux essieux accouplés.

142. Moyens de franchir les courbes. — Pour obtenir le passage dans les courbes, on a employé différents moyens, qui sont plus ou moins satisfaisants et que nous allons décrire rapidement.

a. On a quelquefois supprimé les mentonnets des roues du milieu dans les locomotives à trois essieux, de manière à racheter en partie la flèche que forme le véhicule rigide courbe. Ce moyen est très dangereux, car si les deux roues de devant quittent le rail le déraillement complet est certain.

b. On a donné aux essieux extrêmes un jeu longitudinal de 0^m,06, rachetant la flèche d'une courbe de 150 mètres. Ce jeu

est admissible aux petites vitesses, mais à grande vitesse, l'essieu, libre de flotter sous la machine, réagit d'une manière fâcheuse sur son allure. Il était donc indispensable de régler ce jeu de manière que l'essieu ne pût se déplacer sans vaincre une force qui le ramenât ensuite à sa position première.

Les moyens de régler l'usage du jeu sont très nombreux; l'un des plus simples consiste dans le déversement du ressort de suspension; un autre, très employé aussi, consiste à faire usage de plans inclinés. Dans ce but, la chandelle du ressort est terminée par un épanouissement profilé suivant deux plans inclinés en sens contraire. La surface de portée sur la boîte à graisse a le même profil. Dès que l'essieu est chassé, la charge ne porte plus que sur les plans d'un côté, et la boîte tend à glisser sur cette surface pour reprendre sa position moyenne.

On a imaginé aussi de faire former aux essieux un parallélogramme articulé.

Le grand châssis repose, par un support à rotule, sur un petit châssis dont les longerons saisissent, par des glissières cylindriques, des boîtes également cylindriques.

Toutefois, ces moyens ne peuvent être considérés que comme de simples tempéraments permettant le libre parcours dans des courbes de 200 mètres, avec des machines à trois essieux accouplés, et de 250 mètres avec des machines à quatre essieux accouplés. Leurs défauts sont la complication et une stabilité médiocre.

Les Américains ont imaginé une solution plus radicale et assurant mieux la convergence, mais en sacrifiant en partie l'adhérence.

Pour cela, ils ont remplacé l'essieu antérieur par deux essieux invariablement parallèles, mais très rapprochés, portant un petit châssis spécial, lié au châssis principal par une cheville ouvrière, et recevant la charge à peu près en son centre. Les essieux sont donc partagés

ainsi en deux groupes pouvant converger, mais le groupe mobile ne peut être rendu adhérent, du moins par l'accouplement ordinaire.

Cette machine ne convient pas aux grandes vitesses à cause des oscillations de l'avant-train, elle ne convient pas non plus aux petites vitesses, parce que son adhérence incomplète l'empêche d'utiliser sa puissance; c'est donc essentiellement une machine de vitesse moyenne.

L'Angleterre, l'Autriche, la Belgique et l'Italie l'emploient pour des sections de lignes très sinueuses.

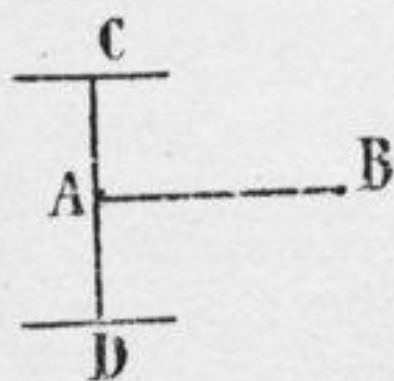


Fig. 142.

Un ingénieur nommé Bissel imagina une autre solution, très simple et d'ailleurs très employée, car elle consiste à fixer invariablement l'essieu D C à une barre

A B mobile autour d'une cheville ouvrière B, extérieure, ce qui permet ainsi les deux mouvements (fig. 142).

Cet appareil, qui porte le nom de *Train-Bissel*, peut d'ailleurs avoir un ou deux essieux, selon la charge à porter.

Mais il n'est pas toujours possible de donner au pivot B la position théorique nécessaire pour concilier les deux mouvements voulus. On combine alors l'articulation Bissel avec la cheville ouvrière A (fig. 143).



Fig. 143.

Le train est mobile autour d'une cheville ouvrière A portée par une bielle A B qui pivote autour d'un point B fixé au châssis.

Le train Bissel est employé pour certaines lignes présentant de nombreuses courbes, en Espagne, en Autriche, en Saxe, en Norvège, en Angleterre, pour le Great-Eastern et même aux États-Unis.

VI. — MATÉRIEL POUR VOIES ÉTROITES

143. Matériel roulant des chemins de fer à voie étroite. Le matériel roulant des chemins de fer à voie étroite (1^m,00) est semblable à celui des chemins de fer à voie large, en ce qui concerne les wagons et les voitures, car les roues étant sous la caisse, on n'a qu'à les rapprocher l'une de l'autre, employer des essieux plus courts, sans rien changer à la partie supérieure du véhicule. Il en résulte, il est vrai, une stabilité un peu moins grande, mais l'expérience a démontré qu'elle est suffisante encore, d'autant plus que la vitesse des trains sur voie étroite est notablement plus petite que sur les voies larges.

L'appropriation des wagons des chemins de fer à voie large, pour l'utilisation sur

les chemins de fer à voie étroite, peut donc se faire assez rapidement, et sans de trop grands frais, puisqu'elle consiste uniquement dans le remplacement des essieux.

Il n'en est pas de même des locomotives qui sont de modèles particuliers, et qui doivent être construites spécialement pour les voies étroites. Ces locomotives, sont du reste, semblables à celles qui sont employées sur les voies larges, mais un peu plus petites.

144. Matériel roulant du système Decauville. La voie du système Decauville n'ayant pas une stabilité aussi grande, à largeur égale, que la voie ordinaire posée sur traverses, ne peut utiliser les wagons des

chemins de fer ordinaires, comme la précédente.

Le matériel roulant du système Decauville, locomotives, wagons, véhicules est donc complètement spécial, bien que de modèles semblables à ceux du matériel des chemins de fer ordinaires, mais notablement plus petits.

Ce matériel est, du reste, spécial à son emploi : usines, mines, exploitations de carrières, de chantiers de terrassement, etc. etc.

Nous donnerons ici la description du

matériel roulant créé spécialement pour les mouvements de matériel d'artillerie dans les forts et dans les places fortes.

Les moteurs employés sont des moteurs animés; on ne fait pas usage de locomotives, d'autant plus que la largeur de la voie (0^m, 50) ne le comporterait pas. Les wagons généralement accouplés par deux sont trainés par des chevaux.

Le wagon, appelé porteur Decauville est plat et entièrement métallique (fig. 144 et 145).

Il se compose : 1° d'un cadre en fer en U

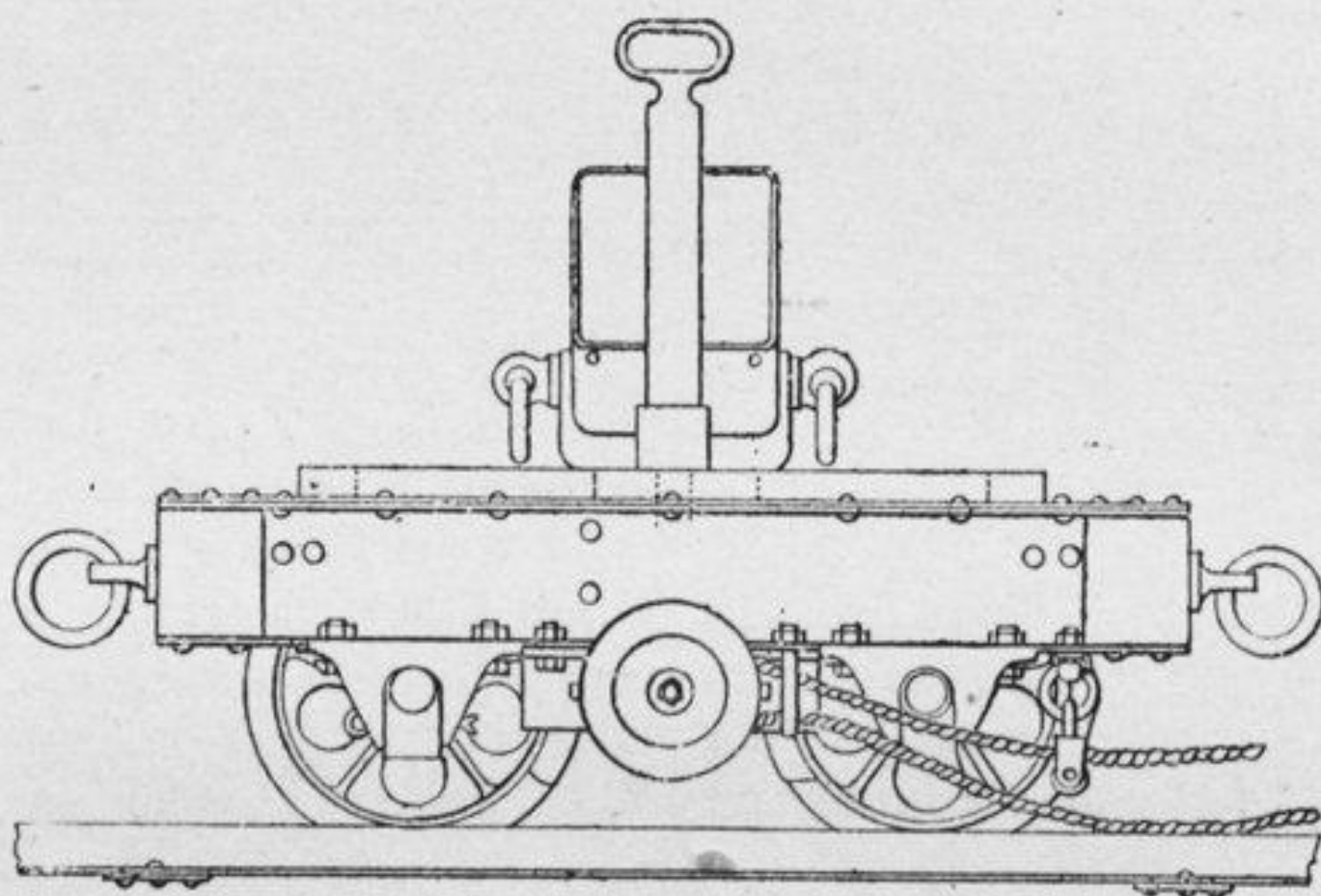


Fig. 144.

sous lequel sont boulonnés quatre coussinets dans lesquels tournent deux essieux

en acier, et comprenant chacun : un corps de coussinet en acier portant un trou de

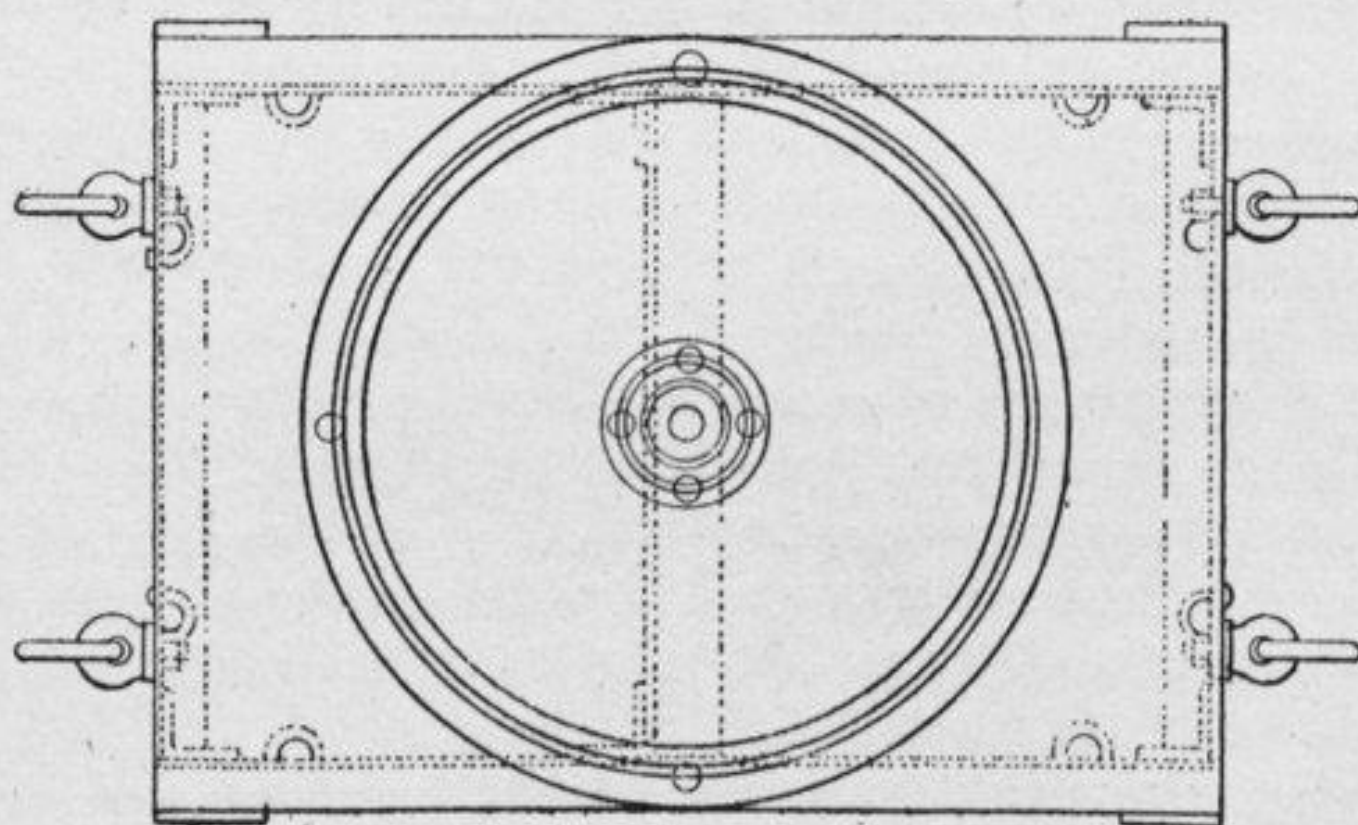


Fig. 145.

graissage, et un réservoir à huile, ces deux pièces réunies par une goupille fendue.

2° D'un tablier en tôle de 6 millimètres d'épaisseur, percé en son milieu d'un trou de 32 millimètres de diamètre, sur lequel

sont boulonnés un disque et une voie circulaire munis de gorge de graissage. Ce tablier présente huit ouvertures et huit étriers de ranchets solidement rivés.

3° De quatre roues à boudin en acier.

4° D'un frein composé d'un arbre de serrage tournant à frottement dans les trous ovales de deux coussinets ou supports de frein en fer à cornière, fixés par huit bou-

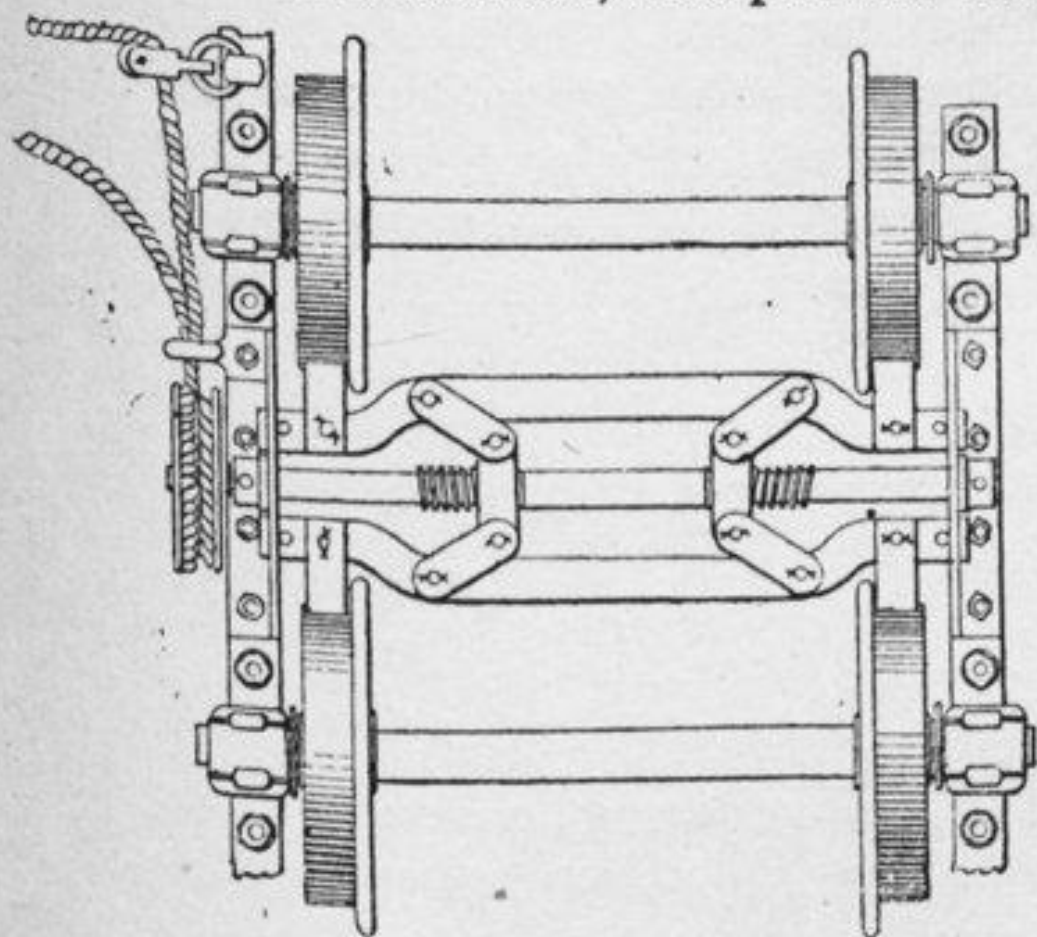


Fig. 146.

longs sur la face inférieure du cadre (fig. 146).

Deux écrous à oreilles, articulés à deux tiges porte-sabots se meuvent le long de l'arbre qui porte à cet effet deux filetages en sens inverse, quatre glissières, prati-

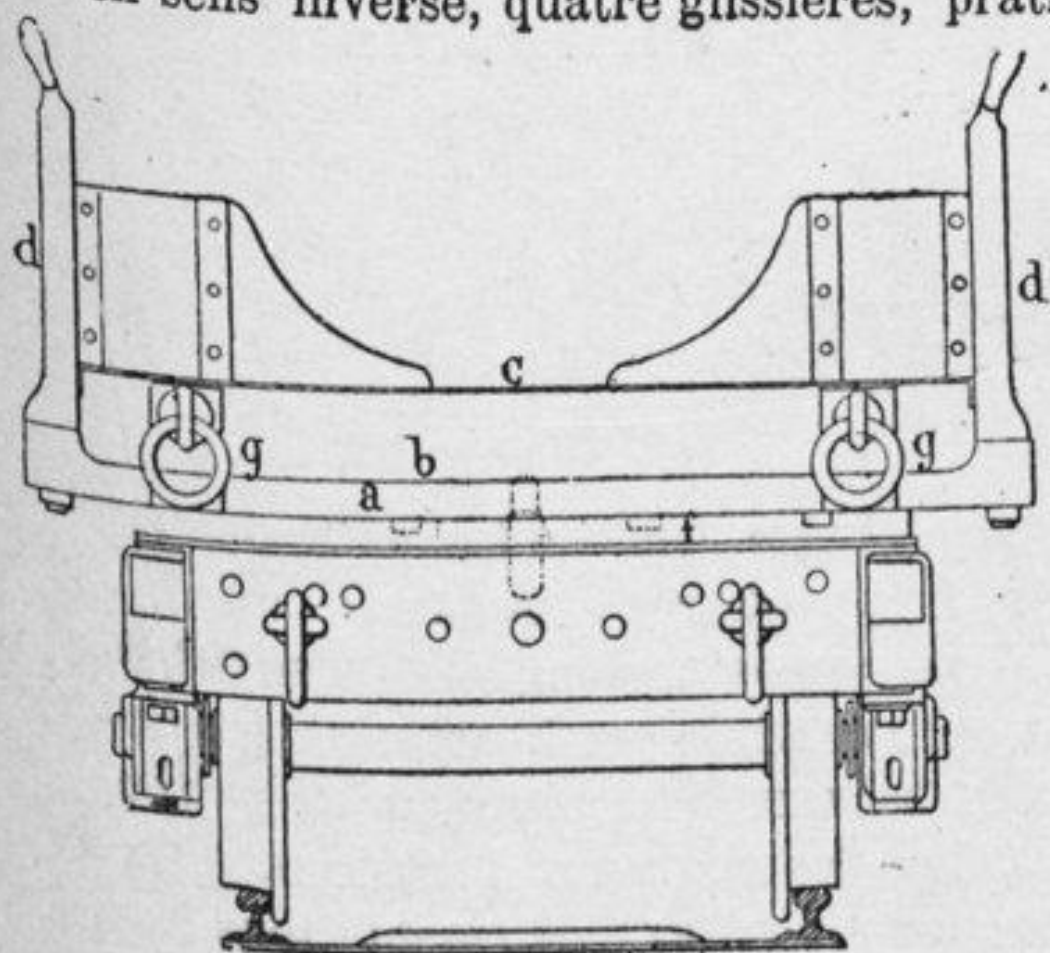


Fig. 147.

quées dans les supports du frein, guident les tiges porte-sabots.

Le mouvement de rotation de l'arbre

détermine l'enrayage par l'application simultanée de quatre sabots en fonte sur le bandage des roues. Ce mouvement est obtenu par une corde de commande enroulée deux fois autour d'un rouleau à gorge moleté, calé sur l'arbre.

Les deux brins de la corde s'engagent ensuite dans un étrier-guide, d'où le brin de serrage passe dans une poulie à chape mobile, tandis que le brin de desserrage reste libre.

5° D'un support pivotant (fig. 147,) comprenant un coussinet en chêne *a*; une plaque de garniture également en chêne *b*,

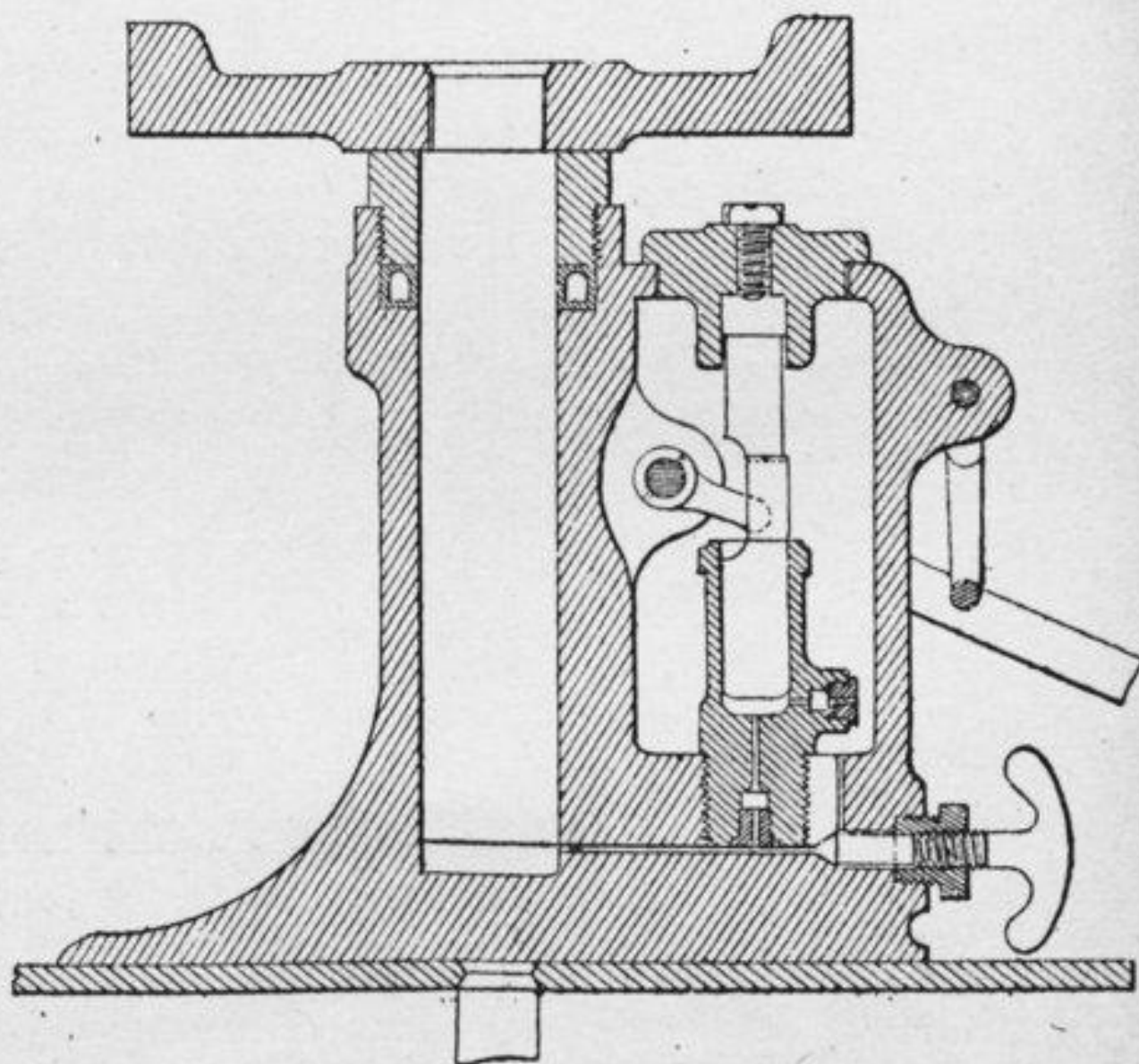


Fig. 148.

une armature en fonte malléable *c*; deux douilles porte-ranchets et deux ranchets à poignée en fonte *d*, une cheville ouvrière *f*, quatre anneaux de hâlage *g*.

Deux porteurs munis de leur support pivotant et réunis par l'intermédiaire du fardeau qu'ils transportent, constituent un élément de train très mobile et susceptible de franchir les courbes et les plaques tournantes.

6° D'un vérin hydraulique en acier de la force de quatre tonnes, monté sur un pla-

teau pivotant que l'on place sur le tablier du porteur (*fig. 148*).

Le fonctionnement de cet appareil, indispensable pour permettre le chargement et le déchargement des lourds fardeaux de l'artillerie, est le suivant :

Un plateau mobile est porté par un piston cylindrique traversant un cuir embouti placé à la partie supérieure du corps de pompe. Ce récipient est en communication avec une pompe foulante, vissée dans l'intérieur du réservoir. Le mouvement de va-et-vient d'un levier articulé

autour d'un axe horizontal, sur lequel est calée une canne actionne le piston.

Pour la descente, on fait communiquer, à l'aide d'une clef, le corps de pompe et le réservoir.

Le vérin est boulonné sur un plateau, muni d'une cheville ouvrière de 30 millimètres de diamètre, qui peut s'appliquer également sur le disque et la voie circulaire du porteur.

Trois poignées fixées, deux au plateau et une au réservoir, servent au transport du vérin.

CHAPITRE VI

CONSTRUCTION DES VOIES FERRÉES

§ I. — GÉNÉRALITÉS

145. — Nous avons indiqué, dans les chapitres précédents, les principales conditions techniques auxquelles doit satisfaire la voie, soit comme tracé, ou profil en long, soit comme profil en travers. Indépendamment de ces conditions, il en est d'autres encore, aux points de vue économique, industriel, commercial et stratégique, qu'il serait trop long de développer ici.

On comprend sans peine, que l'établissement d'un chemin de fer, en temps or-

dinaire, exige des études préliminaires très longues et très détaillées.

Nous supposons donc les études faites, le tracé arrêté, le profil en long et les profils en travers déterminés sur le papier, ainsi que les ouvrages d'art de la voie ; nous supposerons également tous les moyens d'exécution, agents, ouvriers, outils, moyens de transports, rassemblés sur le terrain, et le travail prêt à être commencé.

Dans ces conditions, l'établissement de

la plate-forme de la voie ne comprend plus que des travaux de terrassement, déblais, remblais, mouvements de terre, ainsi que des ouvrages d'art, ponts, aqueducs, viaducs et tunnels, qui sont exécutés d'après

les principes donnés dans le cours de construction. Nous y renvoyons au besoin nos lecteurs et nous passons à la description de l'établissement de la voie.

§ II. — PIQUETAGE DES RAILS

146. Piquetage de l'axe de la voie. — Avant de procéder à la pose de la voie, il est nécessaire de compléter le piquetage qui a servi à la construction de la chaussée, en indiquant sur le terrain, au moyen de piquets, l'axe du chemin figuré sur le dessin.

On emploie pour cela des piquets de 8 à 10 centimètres de diamètre et d'une longueur de 1^m,80, de manière qu'on puisse les enfoncer de 0^m,80 environ. Ces piquets sont espacés de 100 mètres au plus dans les parties droites et de 20 à 50 mètres dans

les courbes. Leurs têtes, avivées au besoin, sont exactement placées au niveau de la surface des rails.

Des piquets plus longs (2^m,40) sont en outre, établis à l'origine de tous les alignements, de tous les paliers, pentes et rampes.

On indique ensuite l'axe de la voie à poser au moyen de jalons, et le niveau des rails au moyen de pieux à nivelettes, placés à côté et dans l'alignement des deux cours de rails.

§ III. — POSE DU BALLAST

147. Pose du ballast. — Les matériaux à transporter, et surtout le ballast, étant d'un poids considérable, on a été amené, par des raisons d'économie, à se servir de la voie que l'on construit, elle-même, pour le transport du ballast jusqu'à pied d'œuvre. Celui-ci est posé en deux couches, la première destinée à supporter les traverses la seconde à les maintenir en place.

Le but de ces couches est de répartir sur une grande surface la pression que les trains exercent sur les rails et de maintenir les supports des rails dans un milieu suffisamment résistant pour conserver à la voie toute la stabilité désirable.

La pose de la voie consistera donc en deux

séries d'opérations bien distinctes : 1° la pose de la voie sur terre, c'est-à-dire sur la plate-forme bien dressée ; 2° des relevages successifs jusqu'à concurrence du profil transversal définitif.

Avant de décrire en détail ces deux opérations, il est nécessaire que nous indiquions les préparations à faire subir aux diverses parties du matériel, dans les dépôts des chantiers afin de les rendre prêtes à être posées. Ces préparations consistent dans le sabotage des traverses, la courbure ou le redressement des rails qui en ont besoin, enfin le coupage et le perçage de certains rails.

§ IV. — POSE DES RAILS SUR LES TRAVERSES

148. Redressement des rails. — Certains rails ne sont pas parfaitement droits, et il est nécessaire de les redresser avant de les employer.

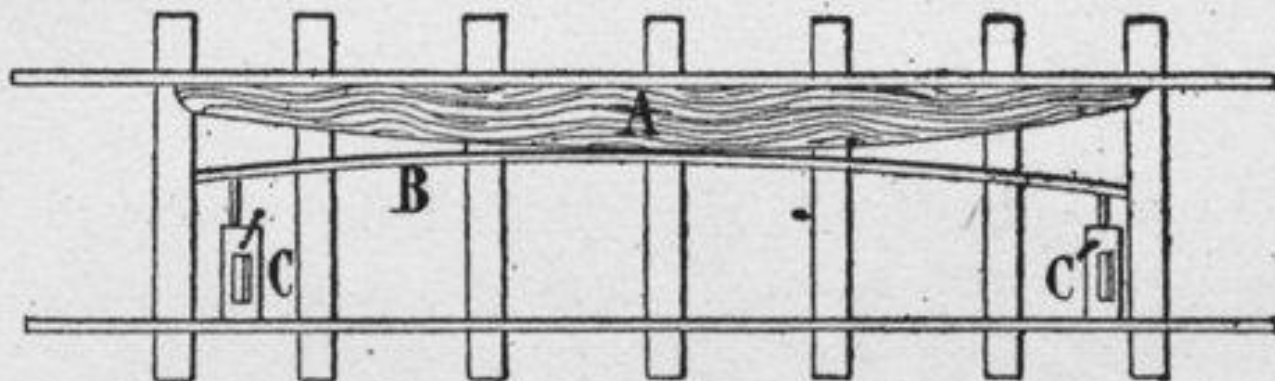


Fig. 149.

Lorsque le rail ne présente qu'une faible courbure on peut se contenter de le laisser tomber à plat d'une certaine hauteur, sur deux traverses espacées de 5^m,50 environ. Il est bien entendu que la partie concave du rail se trouve en dessous.

Pour obtenir un redressement de 0^m,05, il faut laisser tomber le rail d'une hauteur de 0^m,65.

Pour obtenir un redressement de 0^m,10, il faut laisser tomber le rail d'une hauteur de 0^m,80.

Pour obtenir un redressement de 0^m,15, il faut laisser tomber le rail d'une hauteur de 0^m,90.

Ces nombres ne sont qu'approximatifs et peuvent varier suivant la nature du fer, mais les ouvriers acquièrent rapidement l'expérience nécessaire pour obtenir le redressement des rails qui leur sont confiés.

Lorsque la courbure du rail est forte, on emploie le procédé suivant :

On place à l'intérieur, et contre l'un des rails d'une voie, un gabarit formé d'un madrier A (fig. 149), dont un des côtés est découpé en arc de cercle ayant environ 0^m,25 de flèche, et présente autant que possible le profil latéral du rail.

Le rail B, à redresser, est placé contre cette partie courbe du gabarit, et soumis dans cette position à l'action de deux crics C

dont on fait varier l'énergie selon la courbure plus ou moins prononcée du rail.

149. Courbure des rails. — Dans les courbes de faible rayon, il est indispensable, pour éviter les jarrets, de cintrer les rails avant leur pose.

Cette opération est généralement faite comme il a été dit ci-dessus pour le redressement c'est-à-dire en laissant tomber le rail à plat d'une certaine hauteur sur deux traverses espacées de 5^m,50. On a soin, toutefois, de laisser en dessous la partie convexe, de manière à obtenir un résultat inverse de celui que l'on a cherché pour le redressement.

150. Coupure et perçage des rails. — Comme les rails sont généralement fabriqués dans les usines d'une longueur unique pour la même compagnie de chemin de fer, il en résulte que l'on est obligé de raccourcir dans les dépôts des chantiers les rails qui doivent être plus courts que la dimension habituelle.

Pour cela, le rail est placé sur un chantier formé de quelques traverses, et l'on commence à l'entailler d'un côté soit au moyen de tranches à froid sur lesquelles on frappe avec de forts marteaux, soit au moyen de ciseaux et de marteaux à main.

Lorsque l'entaille a une certaine profondeur, on retourne le rail pour en faire autant de l'autre côté ; on achève de séparer le morceau du rail, soit en frappant dessus à coups de marteau, soit en laissant tomber le rail sur deux appuis.

Il est nécessaire de percer les rails ainsi coupés, afin de pouvoir les éclipser.

Le perçage se fait au moyen d'une griffe et d'un foret à déclic (fig. 150).

L'espacement des trous varie avec le genre d'éclisse employé ; pour éviter des

erreurs, on fixe une éclisse à un rail déjà percé, puis l'on met le bout du rail à percer dans la position qu'il devrait avoir si les deux rails étaient éclissés ensemble : les trous de l'éclisse servent alors de guides pour le foret (*fig. 150 bis*).

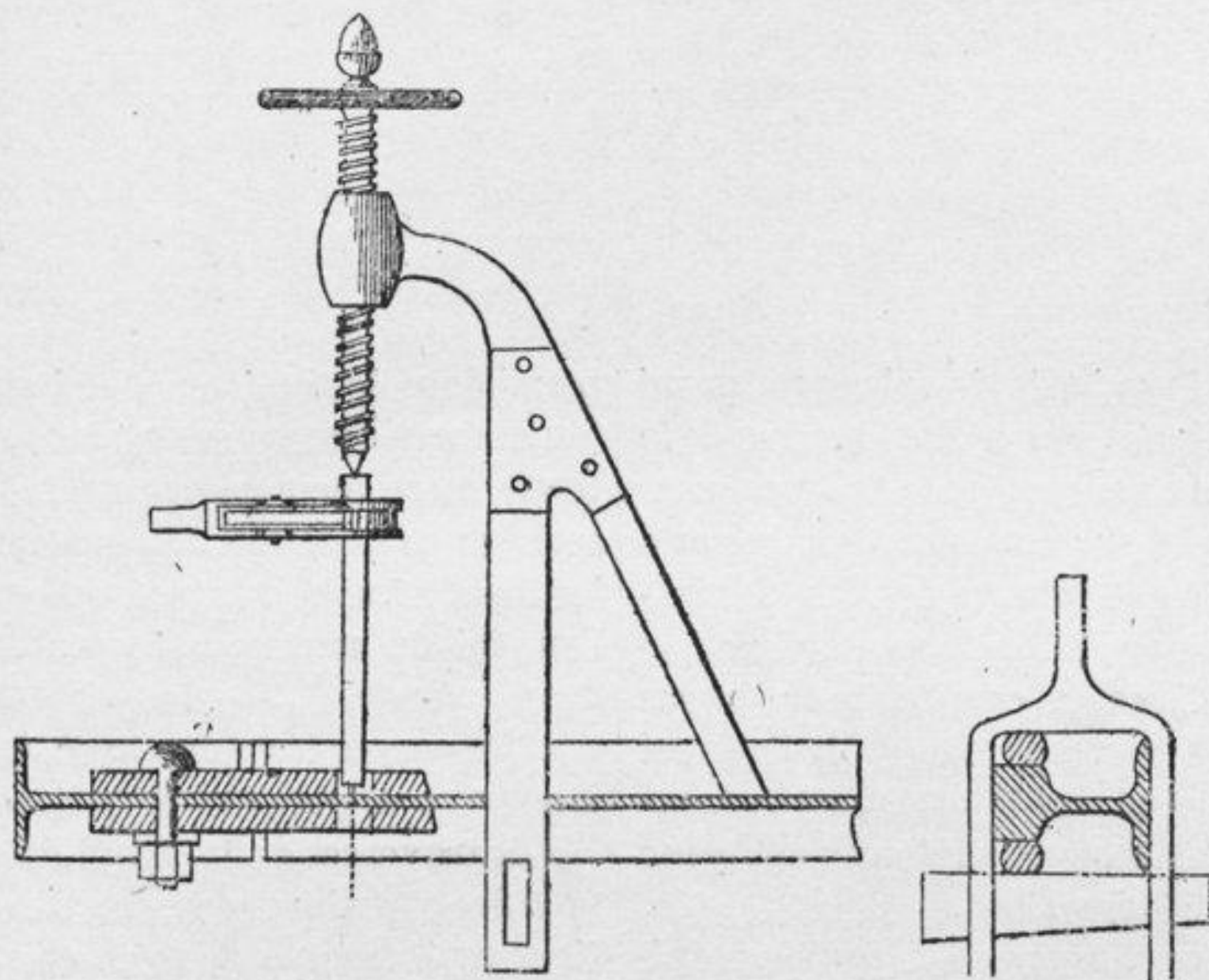


Fig. 150.

151. Sabotage des traverses. — L'ensemble des opérations qui ont pour but de disposer les traverses à recevoir les rails porte le nom de sabotage.

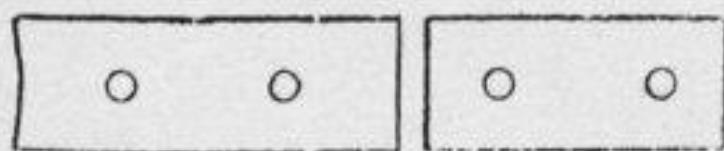


Fig. 150 bis.

On comprend très bien que ce travail doit s'exécuter sur la partie la plus étroite de la traverse, de manière à laisser la partie la plus large comme base, pour reposer sur le ballast.

Les logements des diverses parties de la voie, tels que les coussinets, les patins, les éclisses, etc, consistent en des entailles plus ou moins profondes, suivant la nature et l'épaisseur des traverses. Il est indispensable qu'il reste au-dessous de l'entaille une épaisseur minimum de 12 centimètres.

Dans la voie à coussinets, c'est-à-dire pour les rails à double champignon, les fonds des entailles sont dans un même plan,

car ce sont eux qui donnent l'inclinaison au rail.

Dans la voie avec rails à patin, les entailles sont inclinées et ne sont généralement pas situées dans un même plan.

152. 1° Traverses pour rails à coussinets. — Dans les voies à coussinets, les traverses sabotées portent leurs coussinets et arrivent ainsi sur le chantier de pose.

L'ouvrier est guidé dans son travail par un gabarit qui se compose de deux bouts de rails de 0^m,25 de longueur, réunis par une entretoise et représentant un tronçon de voie ayant exactement l'écartement et l'inclinaison voulus (*fig. 151*).

Ce gabarit est vérifié soigneusement chaque jour au moyen d'une jauge métallique.

Nous extrayons de l'instruction de la Compagnie de l'Ouest la série des opérations à effectuer pour le sabotage de ces traverses :

« Ajuster le gabarit sur les deux coussinets et les fixer chacun au moyen de deux

coins en bois chassés en sens contraire. | mode et pourrait fausser la position du
(L'emploi d'un seul coin serait moins com- | coussinet.)

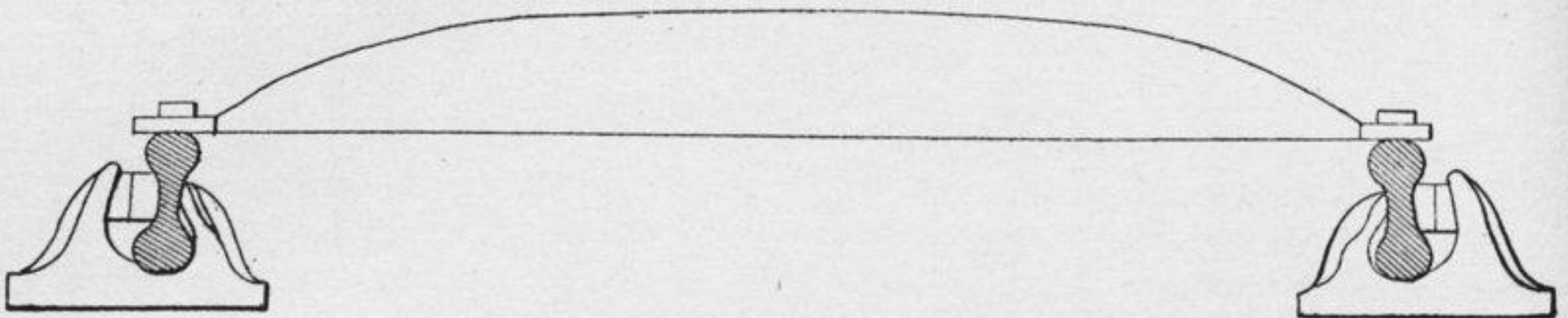


Fig. 151.

« Mettre le gabarit de sabotage, garni de ses coussinets, sur la face voulue de la traverse, en ayant soin de faire reposer ces coussinets sur une partie saine et à peu près à égale distance des deux extrémités. En outre, si la ligne est à simple voie, placer l'axe des coussinets au-dessus de celui de la traverse ; mais si la ligne est à double voie, placer le premier axe à environ 0^m,03 en amont du deuxième, pour prévenir le déversement.

« Tracer les limites de l'entaille parallèlement au rail, l'amorcer par deux traits de scie et la faire à l'herminette ou à la besaiguë. Avoir soin de conserver bien intacts les épaulements, surtout celui de l'extérieur, afin qu'ils puissent soulager les attaches en résistant à la poussée des mentonnets. Rectifier le travail à l'aide du gabarit.

« Enduire les entailles d'une couche de goudron chaud ; y appliquer les coussinets toujours solidement fixés au gabarit ; percer les trous avec une tarière d'un diamètre moindre que celui de l'attache et de part en part, ou tout au moins à 0^m,12 de profondeur en commençant par celui de l'intérieur, les remplir de goudron chaud.

« Tremper les tirefonds (ou les cram-

pons) dans le goudron chaud et les visser (ou enfoncer les crampons à coups de marteau) mais incomplètement. Acheter le serrage en agissant alternativement sur les deux attaches. Interdire formellement l'emploi du marteau si les attaches sont des tirefonds.

« Desserrer les coins avec un marteau à main et dégager le gabarit. »

Les traverses de joint qui doivent recevoir des coussinets-éclisses, sont, en chantier, seulement préparées et percées du trou intérieur ; les autres trous sont percés sur place, au moment de la pose des coussinets.

153. 2° Traverses pour rails à patin. — Le gabarit n'est pas le même que pour la voie à double coussinet. Il se compose d'une entretoise terminée par deux fourches portant deux sabots en fonte qui présentent exactement la forme de l'entaille. Des trous sont percés aux emplacements voulus pour guider la tarière lors du perçage des traverses (fig. 152).

Le sabotage se fait comme il a été dit pour les traverses avec rails à coussinet. la profondeur des entailles doit être telle que le patin du rail puisse s'appuyer sur une longueur d'au moins 0^m,14 ; toutefois on devrait réduire cette longueur à 0^m,10

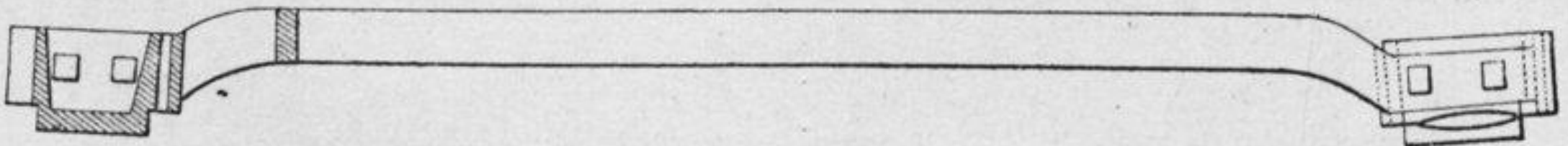


Fig. 152.

ou 0^m,12, si, pour l'obtenir, il fallait diminuer l'épaisseur de la traverse au-dessous de 0^m,12.

Pour s'assurer de l'exactitude des entailles, on présente le gabarit, qui doit s'appuyer exactement à la fois sur les deux

surfaces d'appui, qu'on retouche s'il y a lieu.

Ces surfaces doivent avoir une inclinaison de $\frac{1}{20}$ vers l'intérieur de la voie.

Lorsque les rails portent des encoches dans le patin, pour loger les tirefonds, on ne perce les traverses qui correspondent à ces encoches que sur la voie.

Dans ce cas, les rails sont placés dans les entailles; on maintient leur écartement au moyen d'un gabarit ou d'une jauge, et l'on perce les trous sur une ligne oblique aux fibres du bois, pour éviter de faire fendre les traverses.

Dans une pose pressée, on se contente de préparer une surface d'appui ayant l'inclinaison du gabarit, en se servant de l'herminette seulement.

154. Sabotage à la machine. — Pour des travaux neufs et des réfections d'une certaine importance, on se sert souvent de machines pour exécuter le sabotage des traverses.

Ces machines sont de types variés, mais elles se composent essentiellement d'une raboteuse et d'une perceuse montées sur le même bâtis.

La raboteuse comporte un arbre horizontal animé d'une très grande vitesse.

et sur lequel sont montés deux outils; chacun d'eux est affecté à une entaille et comprend habituellement deux petites scies circulaires qui font les épaulements et un rabot circulaire composé de deux lames montées sur un même porte-outil. La traverse est montée sur un chariot, qui la déplace parallèlement à elle-même.

La perceuse comporte quatre ou huit mèches, suivant qu'il s'agit de traverses de joint ou de traverses intermédiaires.

On présente d'abord la traverse à la raboteuse en agissant sur la manivelle qui commande le chariot: en moins d'une demi-minute les entailles sont faites. La traverse est alors amenée sur les mèches qui percent les trous.

155. Réemploi de vieilles traverses. — Les traverses retirées des voies en exploitation peuvent être réemployées en leur faisant subir un nouveau sabotage si les anciennes surfaces d'appui sont défectueuses.

On commence par boucher les anciens trous avec des chevilles en bois très sec, puis on procède à leur sabotage de la même manière que pour les traverses neuves, en ayant soin d'éviter que les nouveaux trous ne rencontrent les anciens, et en mettant du bois dur complètement à découvert sous les patins des rails.

§ V. — POSE DE LA VOIE

156. Pose de la voie à patin en ligne droite. Répartition du matériel. — Le piquetage étant fait, la surface sur laquelle on doit poser la voie, terre ou ballast, est d'abord bien dressée.

On répartit ensuite les traverses, rails et attaches sur les accotements, à hauteur de leur place d'emploi. Ce matériel est

157. Mise en place des traverses. —

On indique alors l'emplacement des traverses; pour cela, on place sur le côté de la voie une règle de répartition (fig. 153), et on marque sur le sol avec une pioche les points de division, ou, mieux encore, on place plusieurs règles bout à bout et on les avance successivement.

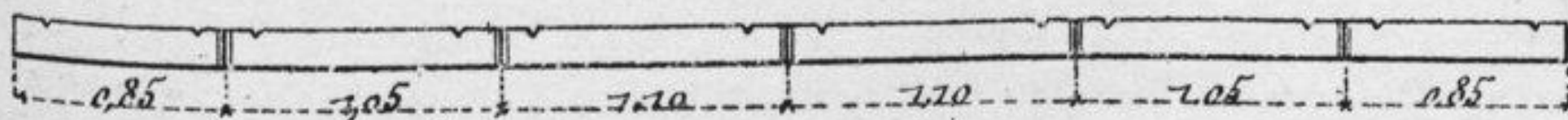


Fig. 153.

amené sur wagons, en tête du travail au fur et à mesure de son avancement.

Les traverses sont alors placées à leurs emplacements respectifs; elles sont ali-

gnées sur un jalon planté vis-à-vis d'un piquet d'axe et sur l'alignement des tirefonds intérieurs, dont on les a munies d'avance en les engageant de quelques filets seulement, à coups de maillet.

158. Mise en place des rails. — Cela fait, on met les rails en place. Ils sont d'abord appareillés deux à deux, par longueurs égales, en vue d'arriver à placer les joints correspondants, ainsi que les traverses, bien sur une ligne d'équerre par rapport à l'axe de la voie.

Les rails étant exposés aux variations de la température, se dilatent et se contractent.

Pour qu'il n'y ait pas refoulement quand ils s'allongent, tout en maintenant la continuité de la voie quand ils se raccourcissent, on intercale dans les joints des

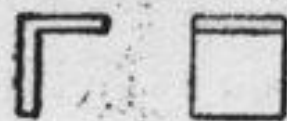


Fig. 154. tercale dans les joints des rails, au moment de la pose, des plaquettes d'acier ou de tôle, d'une épaisseur variable avec la température (fig. 154).

Au-dessous de zéro, on leur donne 4 millimètres d'épaisseur.

De zéro à 15°, on leur donne 3 millimètres d'épaisseur.

Dé 15° à 30°, on leur donne 2 millimètres d'épaisseur.

On laisse ces cales sur 60 à 80 mètres en arrière, afin d'éviter qu'en tamponnant les rails pour les amener au contact, on ne resserre les joints déjà réglés.

On place généralement les joints en regard les uns des autres, pour les rails de 6 mètres, et on les recroise de 0,60 pour les rails de 8 mètres, mais ces règles ne sont pas absolues.

On met les éclisses en place en les fixant par deux boulons serrés provisoirement à la main. Si la voie est avec joints appuyés et tirefonds, on enfonce préalablement les tirefonds des joints. On présente la règle de répartition contre chaque rail, et l'on marque à la craie sur le champignon, l'emplacement exact des traverses, qui sont amenées dans ces positions, et

maintenues, s'il est nécessaire, en contact avec les rails par un léger bourrage.

159. Pose des tirefonds ou des crampons. — Les tirefonds se mettent d'abord à la main, après avoir été graissés pour rendre leur introduction plus facile. Quelquefois, on enduit de goudron chaud le trou et l'attache.

On les serre ensuite au moyen d'une clef à douille (fig. 155) ou d'une clef à béquille, mais non pas à fond.

Les crampons sont enfoncés avec précaution au moyen d'un marteau pesant 5 kilos, avec manche de 0^m,80 à 0^m,90 de

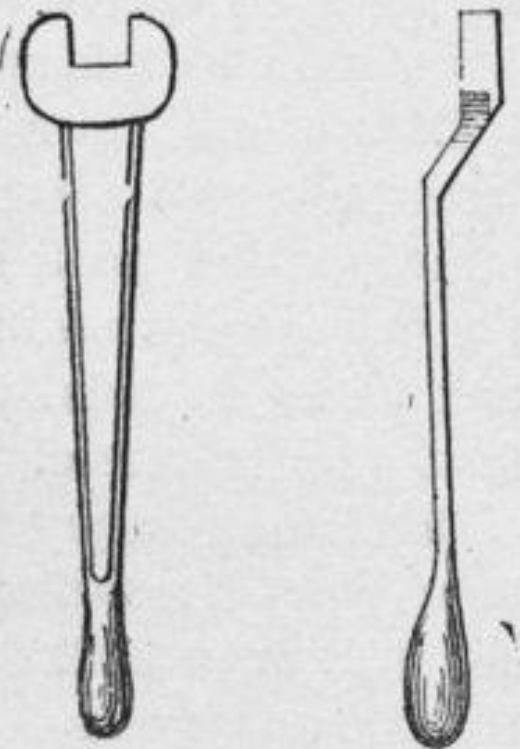


Fig. 155.

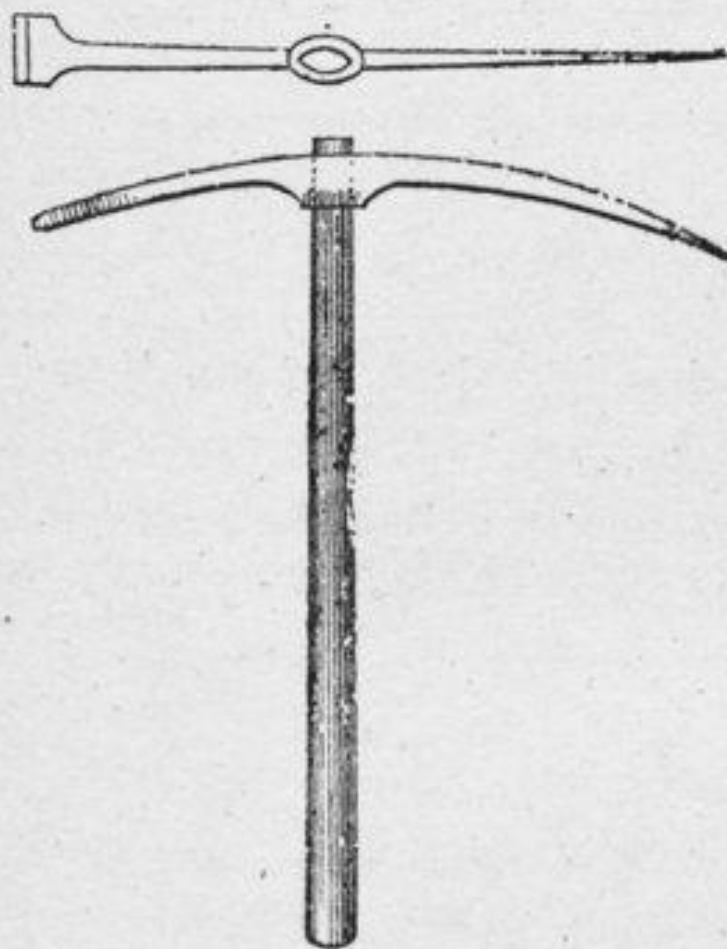
longueur, et l'enfoncement n'est terminé qu'à petits coups, lorsque les quatre crampons d'une même traverse sont placés, et que la traverse est arrêtée à sa place bien carrément par rapport au rail.

Les ouvriers chargés de visser les tirefonds ou d'enfoncer les crampons, doivent être exercés à les diriger dans le sens du trou, qui est généralement incliné au vingtième; une attache mal dirigée à l'origine, peut dévier et s'ouvrir une fausse voie.

160. Bourrage des traverses. — Les opérations précédentes étant terminées, on procède au bourrage. Pour cela, on amène la première couche de ballast, on la régale sur la plate-forme, jusqu'aux extrémités des traverses, puis, on la se serre sous celles-ci avec la pioche ou la batte à bourrer (fig. 156). C'est surtout sous les rails que le bourrage doit être très énergique.

On emploie quatre hommes par traverse, deux à chaque extrémité. On a soin de bourrer simultanément sur les quatre côtés du rail à la fois, et non pas d'un côté en dehors, et de l'autre côté, en dedans.

Les chefs de chantier s'assurent, en frappant avec un marteau sur les traverses, qu'on n'en a pas oublié.



161. Eclissage. — Nous avons vu que les boulons des éclisses avaient été simplement serrés à la main, afin de ne pas

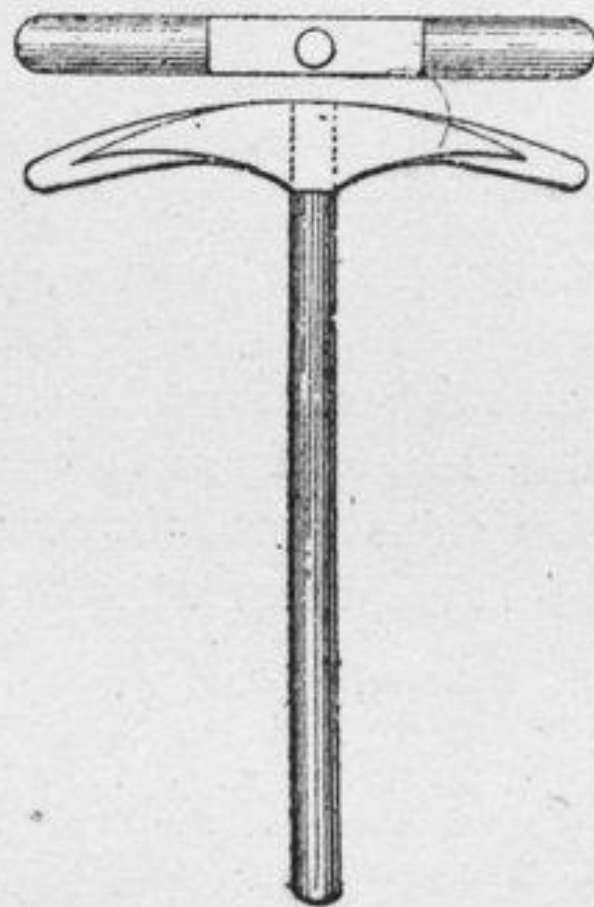


Fig. 156.

donner trop de rigidité à la voie, pour permettre les opérations qui ont suivi.

L'éclissage est complété, lorsque la voie est bourrée et relevée.

On place les quatre boulons à chaque joint, les écrous à l'extérieur, et l'on serre à l'aide d'une clef à fourche (fig. 157).

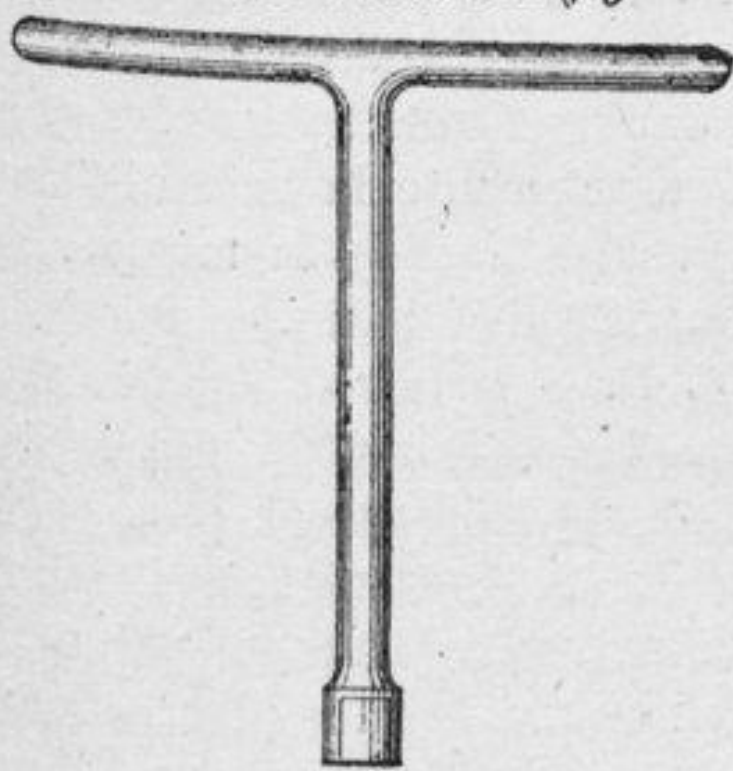


Fig. 157.

Lorsqu'on éprouve des difficultés à faire entrer les boulons par suite de défaut dans le percement des trous, on introduit une broche en fer de 0^m,25 de longueur, et 27 millimètres de diamètre, un peu appointée d'un bout, dans les trous des boulons, et on les fait venir en concordance.

Dans les premiers temps de la pose, les

boulons prennent du jeu par suite du rodage des surfaces; on doit avoir soin de resserrer fréquemment les boulons pendant cette période. Si on négligeait cette précaution, et que plus tard on voulût les resserrer pour faire disparaître le jeu, on serait exposé à les casser, parce que la rouille arrêterait les écrous.

162. Dressage de la voie. — Cette opération se fait en plaçant d'abord les rails qui se trouvent immédiatement voisins des piquets d'axe, à la distance voulue, puis en alignant à l'œil les rails intermédiaires entre les premiers.

Pour bien juger de l'alignement, il est nécessaire que le chef de chantier se tienne à une assez grande distance des parties à dresser. Il commande de porter la voie à droite ou à gauche, suivant le cas, et les ouvriers agissent alors sur les traverses, dans le sens indiqué, au moyen d'un outil appelé pince à riper (fig. 158). Il est expressément défendu de frapper avec la tête des pinces sur les flancs des rails pour les déplacer, car cette manière de faire compromettrait la solidité des attaches, et pourrait amener le déversement du rail.

Le dressage étant terminé, il ne reste

plus, pour compléter la pose de la voie, qu'à régler le ballast suivant le profil.

163. *Pose de la voie à coussinets en ligne droite.* — Les premières opérations,

jusque et y compris la mise en place des traverses, sont exactement les mêmes que pour les voies à patin.

Les rails sont alors placés dans les



Fig. 158.

coussinets et reposent sur le champignon le moins bon, si les rails ont déjà servi ; puis les coins sont enfoncés avec précaution, à l'aide d'un marleau chasse-

coins (fig. 159), de manière à n'être ni refoulés contre les arêtes des coussinets, ni écrasés à coups de masse, et à porter sur toute la longueur du coussinet.

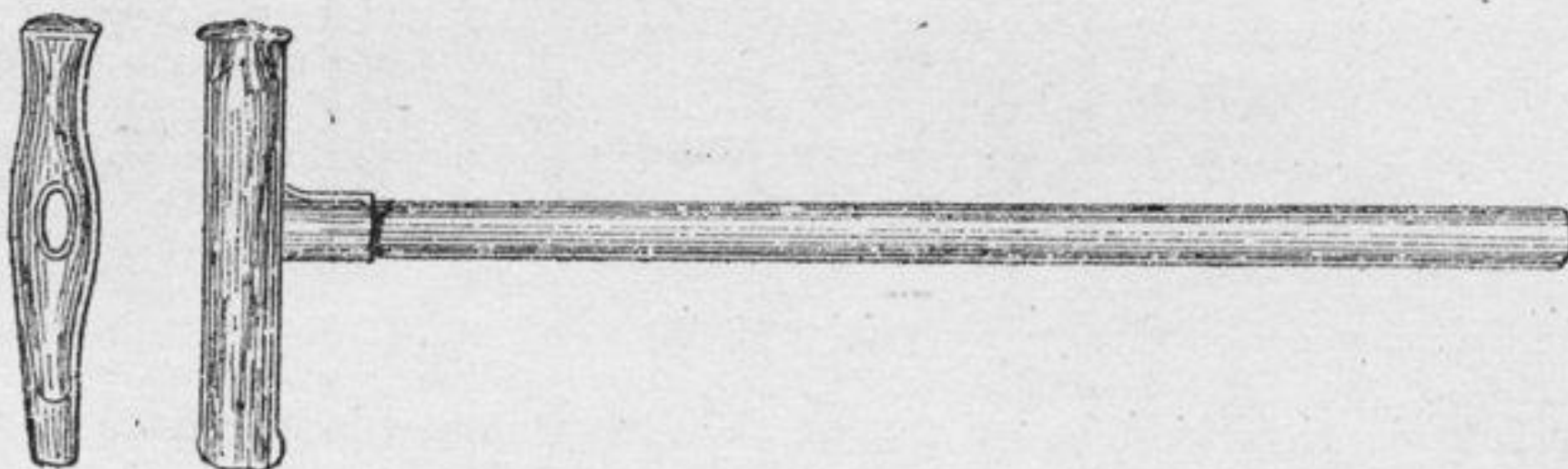


Fig. 159.

A l'exception des coins voisins des éclisses (si le joint est en porte-à-faux), et dont la position est obligée, les coins sont chassés, savoir : dans les chemins à double voie, dans le sens de la marche des trains ; dans les chemins à simple voie, si le tronçon est en palier ou en déclivité moindre que cinq millimètres, dans le même sens pour chaque coin de rail, mais en sens contraire d'un coin à l'autre, et si le tronçon a une déclivité plus forte que 5 millimètres, dans le sens de la pente.

En même temps, on place les traverses à leur écartement exact, au moyen d'une règle en bois divisée, et bien normalement à l'axe de la voie, ainsi que les joints, dont le jeu pour la dilatation est réglé avec des cales en fer d'une épaisseur convenable.

Si la voie doit avoir des coussinets-éclisses, ceux-ci sont alors posés sur les traverses, on perce le trou extérieur, et on y engage le crampon ou le tirefond.

Si les joints doivent être en porte-à-faux, on procède à la pose des éclisses immédiatement après le coinçage, en ayant bien soin de se conformer à la prescrip-

tion qui aura été donnée pour les écrous, lesquels sont généralement placés à l'intérieur de la voie.

Si la voie a été posée sur terre, on la relève en la remplissant de ballast, et l'on fait le bourrage sous les traverses.

On dresse ensuite la voie et l'on règle le profil du ballast de la même manière que pour la voie à patin.

164. *Pose de la voie dans les courbes.* — Dans les courbes, la file intérieure ayant un développement plus petit que celui de la file extérieure, il est nécessaire d'intercaler dans la première un certain nombre de rails plus courts, afin de maintenir la direction des joints d'équerre à l'axe. Les rails courts n'ont que 5^m,90 ou 5^m,96 au lieu de 6 mètres.

A la naissance de la courbe, on continue la pose avec des rails de 6 mètres, jusqu'à ce que la file intérieure soit en avance de 0^m,05 sur la file extérieure, ce que l'on vérifie au moyen d'une équerre ; on pose alors un rail court de 5^m,90, ce qui donne un retard de 0^m,05 à la file intérieure ; on continue ensuite avec des rails de 6 mètres

jusqu'à ce que cette file ait de nouveau dépassé la file extérieure de $0^m,03$; on posera alors un nouveau rail court, et ainsi de suite, jusqu'à la fin de la courbe.

On commence la pose par la file intérieure qu'on règle en direction et en hauteur d'après les piquets d'axe. Lorsque ces piquets sont assez rapprochés, 10 à 20 mètres, on règle la position des rails correspondants en les plaçant à la distance voulue. On obtient ainsi une ligne brisée qu'on corrige à l'œil en faisant disparaître les jarrets.

La file intérieure étant réglée en hauteur, on donne à la file extérieure le surhaussement correspondant au rayon de la courbe et à la vitesse admise pour la ligne. La valeur de ce surhaussement est indiquée dans les tableaux de construction des voies ferrées.

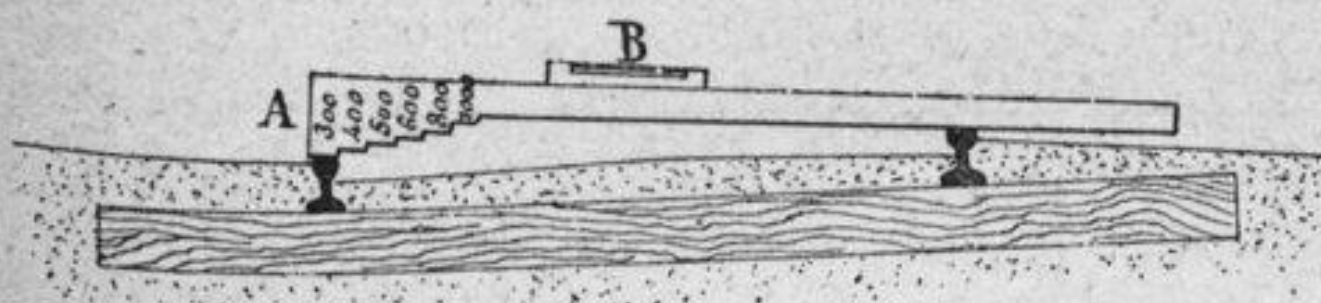


Fig. 160.

On vérifie le dévers au moyen d'une règle de surhaussement A, portant un certain nombre de gradins correspondant à autant de rayons inscrits en regard de ces gradins (fig. 160).

On place le cran correspondant au dévers sur le rail de la file intérieure et on élève le rail extérieur jusqu'à ce que la règle soit horizontale ce qu'on vérifie au moyen d'un niveau à bulle d'air B que l'on place sur la règle à peu près à égale distance des deux rails.

165. Raccordement, en hauteur, des courbes et des alignements. — Le surhaussement portant entièrement sur la file extérieure, on rachète, à chaque extrémité de courbe, la différence de hauteur par un plan incliné dont la longueur sur l'alignement droit est de $0^m,50$ à 1 mètre par chaque millimètre de surhaussement.

Sciences militaires.

163. Raccordement des surécartements. — De même que les surhaussements, les surécartements ne portent que sur la file extérieure.

L'écartement normal des alignements est conservé jusqu'au point de tangence. Le surélargissement est racheté sur les deux ou trois derniers rails de chaque extrémité de la courbe. A cet effet, les traverses de ces derniers rails sont sabotées après la mise en plan de ces rails.

167. Réparations ultérieures. — Quelle attention qu'on apporte à l'exécution primitive du bourrage, la circulation pourra, pendant les premiers jours, altérer la régularité de la voie.

Le dérangement provient de tassements partiels ou généraux; il faut alors procéder au relevage partiel et au ripage, ou au relevage en grand.

Le relevage partiel et le ripage consistent à dégarnir de ballast l'une des faces longitudinales des traverses tassées, à les bourrer, jusqu'à ce que ces rails re-

montent à la cote du plan de pose prescrit, et à les repousser avec des pinces jusqu'à l'alignement voulu.

On commence le travail du côté par lequel les trains arrivent, en ayant soin de ne pas relever de plus de 1 ou 2 centimètres à la fois et de répartir cette saillie sur une longueur de un ou deux rails.

Le relevage en grand s'exécute comme il a été dit pour les relèvements successifs de la voie posée sur terre.

Lorsqu'il y a lieu de remplacer une traverse brisée, on la dégarnit, on la débouffe et on la débarrasse des attaches, puis on l'extrait de la voie. On introduit alors sous les rails la traverse neuve, sabotée à l'avance, on y fixe les attaches et on la bourre.

Lorsqu'il y a lieu de remplacer un rail, on examine l'état des attaches pour savoir s'il est préférable d'arracher celles du dedans de la voie ou celles du dehors; on

SCIENCES APPLIQUÉES. -- 7.



dégarnit les traverses et on arrache les crampons avec la pince à pied-de-biche, ou les tirefonds avec la clef à béquille. On nettoie l'emplacement du patin; on met en place le nouveau rail et on le fixe avec des attaches. Lorsqu'on doit employer des

crampons, il faut percer de nouveaux trous, en ayant soin de boucher les anciens avec des chevilles en bois bien sec.
Les attaches doivent être maintenues constamment serrées contre les pièces dont elles assurent la position.

§ VI. — ORGANISATION DES CHANTIERS

168. *Organisation des chantiers de pose.* — L'organisation des chantiers de pose varie suivant les compagnies de chemins de fer, et suivant la rapidité que l'on veut donner au travail. Il est clair que les compagnies de chemins de fer, en temps de paix, recherchent avant tout l'économie; au contraire, en temps de guerre, le ser-

vice militaire des chemins de fer sacrifiera tout à la question de rapidité.
Nous nous bornerons à indiquer la composition des chantiers de pose, telle qu'elle est pratiquée par les bataillons d'ouvriers militaires de chemins de fer du Génie à Versailles :

TABEAU N° 3

NUMÉROS des sections	SOUS-OFFICIERS chefs de sections	CAPORAUX sous-chefs de sections	OUVRIERS	NATURE DU TRAVAIL	OUTILS
I Poseurs	1	1	17	1 Garnir les traverses de leurs tirefonds intérieurs.	1 panier, 1 maillet.
				1 Marquer sur le sol l'emplacement des traverses.	1 règle de répartition, 1 pioche.
				6 Mettre les traverses en place.	» » »
				3 Aligner les traverses.	1 règle de répartition, 1 jalon, 1 mètre.
				6 Poser les rails.	Cales de joint.
II Atta- cheurs	1	1	33	» Marquer sur les rails l'emplacement des traverses.	1 règle de répartition, craie.
				1 Mettre les tirefonds extérieurs en place.	1 maillet, 1 panier.
				2 Mettre les éclisses en place.	2 paniers ou 2 brouettes.
				6 Éclisser.	6 clefs à fourche, 1 broche.
				6 Régler et soulever les traverses.	6 pinces à riper ou 6 pioches à bourrer en fer.
III Dres- seurs	1	1	7	18 Tirefonner.	18 clefs à béquille.
				1 Pour repercer quelques trous de tirefonds.	1 tarière.
				1 Pour achever d'enfoncer les tirefonds mal visés.	1 clef à béquille.
				1 Pour achever de serrer les boulons d'éclisses.	1 clef à fourche.
TOTAUX	3	3	57	4 Pour dresser la voie.	4 pinces à riper, 1 jeu de nivelettes, 1 règle de surhaussement, 1 pelle, 1 pioche.

1° Composition d'un chantier de pose de voie à patins.

2° Composition d'un chantier de pose de voie à coussinet.

3° Composition d'une brigade de porteurs prenant le matériel sur wagons.

Les bases du calcul du nombre de porteurs nécessaires pour alimenter en matériel un chantier de pose comme celui que nous venons d'indiquer sont les suivantes:

L'expérience a fait connaître: 1° qu'il faut six hommes pour transporter un rail, et deux hommes pour transporter une traverse; 2° que chaque atelier fait six voyages à l'heure, aller et retour; 3° que les poseurs emploient 66 rails et 200 traverses à l'heure.

Le nombre d'ateliers de porteurs de rails sera donc de $\frac{66}{6} = 11$ à 6 hommes = 66 h.

Le nombre d'ateliers de porteurs de

traverses sera de $\frac{200}{6} = 33$ à

2 hommes..... = 66

Auxquels il faut ajouter:

1 atelier de déchargeurs de rails..... 6

1 atelier de déchargeurs de traverses..... 6

1 atelier de déchargeurs et de distributeurs de traverses..... 6

Réserve et surveillants..... 16

TOTAL.... 166 h.

169. Composition d'un chantier de pose de voie à patin.

Voir le tableau n° 3.

170. Composition d'un chantier de pose de voie à coussinets.

Voir le tableau n° 4.

TABLEAU N° 4.

NUMÉROS des sections	SOUS-OFFICIERS	CAPORAUX	OUVRIERS	NATURE DU TRAVAIL	OUTILS
I Poseurs	1	1	16	1 Marquer sur le sol l'emplacement des traverses. 6 Mettre les traverses en place. 3 Aligner les traverses. 6 Poser les rails.	1 règle de répartition, 1 pioche. » 1 règle de répartition, 1 jalon, 1 mètre. Cales de joint.
II Atta- cheurs	1	1	22	» Marquer sur le rail l'emplacement des traverses. 2 Mettre les éclisses en place. 6 Éclisser. 6 Régler et soulever les traverses. 8 Coincer, dont deux à répartir les coins.	1 règle de répartition, craie. 2 paniers ou 2 brouettes. 6 clefs à fourches, 1 broche. 6 pinces à riper. 6 marteaux chasse-coins, 2 pa- niers ou 2 brouettes.
III Dres- seurs		1	4	Dresser la voie.	4 pinces à riper, 1 pioche, 1 pelle, 1 jeu de nivelles, 1 règle de surhaussement 1 niveau.
TOTAUX	2	3	42		

§ VII. — MONTAGE ET POSE DES APPAREILS

171. Montage et pose des appareils de changement et de croisement des voies.

Il est de la plus haute importance que les appareils de croisement et de changement des voies soient constitués très solidement, car la moindre altération de leurs formes les exposerait à des chocs considérables qui augmenteraient rapidement la déformation et provoqueraient les déraillements.

Pour arriver à donner à ces appareils la solidité voulue, on a d'abord rendu solidaires tous les éléments, soit par des pièces d'assemblage, soit même en les fabriquant en une seule pièce de fonte ou de forge, de manière que les tassements inégaux ne viennent pas ajouter leurs effets à ceux de l'inégalité forcée de l'usure.

Les appareils de changement et de croisement sont montés sur des traverses ordinaires sabotées avec le plus grand soin et rendues solidaires par des longrines.

Les aiguilles reposent simultanément et dans toutes les positions, sur les coussinets de glissement, elles se mettent en contact parfait avec les rails contre-aiguilles. Dans cette position des aiguilles, les boulons-butoirs doivent laisser un jeu de un millimètre pour permettre le contact du contre-aiguille et de l'aiguille, tout en limitant la flexion de celle-ci.

Les trous des rails contre-aiguilles, pour les passages des boulons des coussinets de glissement, déterminent les positions relatives des traverses. L'appareil de manœuvre est fixé à la traverse qui le porte au moyen de tirefonds : cette traverse, qui présente sa face la plus droite au-dessus, est reliée aux traverses de l'aiguillage par un blochet.

Dans les croisements, il faut avoir bien soin de maintenir partout la largeur normale de la voie, surtout au droit de la pointe, qui, sans cette précaution, serait

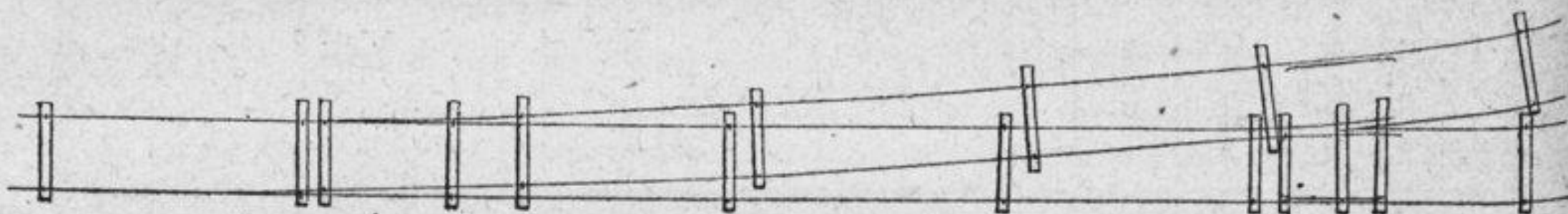


Fig. 161.

exposée à des chocs considérables par les boudins des roues.

Avant de poser ces appareils, il est indispensable d'exécuter des croquis d'exécution à grande échelle auxquels on donne le nom de *plan de pose*, indiquant la position relative des diverses pièces. Le plan de pose comporte deux croquis : le premier, à petite échelle, est un plan d'ensemble du changement de voie depuis l'origine jusqu'au talon du croisement (fig. 161), le second, à grande échelle, donne le détail du croisement proprement dit (fig. 162).

Ces croquis sont cotés dans toutes leurs parties, de sorte que pour le montage et la pose des changements de voie et des croisements, il n'y a qu'à rapporter sur le terrain les dimensions qui se trouvent sur le plan de pose.

Les appareils en question étant variables suivant les cas particuliers et suivant les compagnies de chemins de fer, il en résulte que les croquis donnés plus haut (Est) ne sont qu'un exemple, et qu'il y a lieu d'en faire de spéciaux pour chaque cas particulier, en tenant compte du matériel de la

compagnie et des circonstances particulières de la voie.

Lorsque la voie principale est posée

avant l'établissement d'un changement de voie, ce qui est le cas le plus général, on peut presque toujours s'arranger de ma-

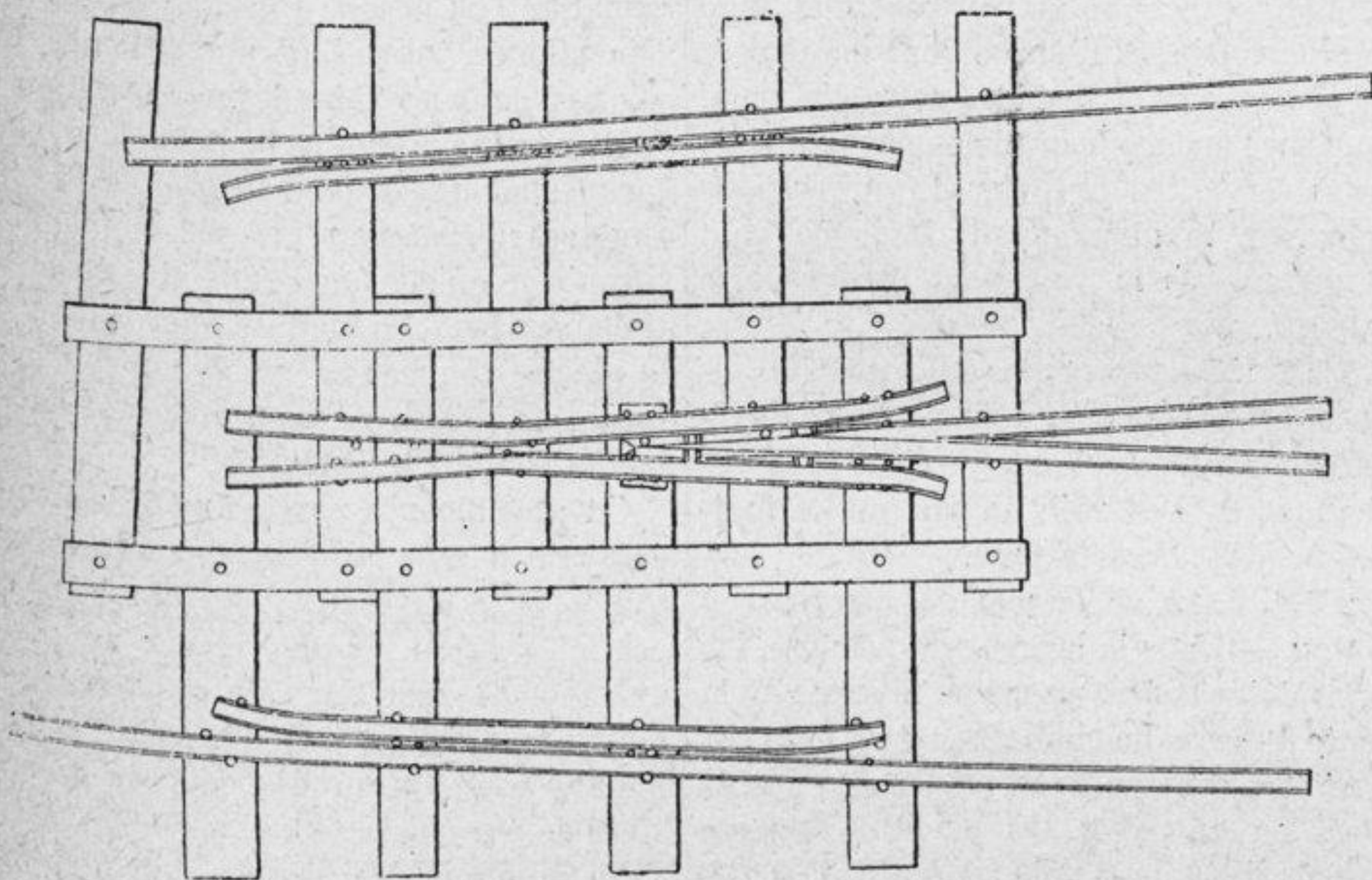


Fig. 162.

nière à faire coïncider l'origine et la fin du changement avec des joints de la voie principale.

On peut se rendre compte, d'après la figure 161, qu'en faisant suivre le talon du croisement sur la voie principale de deux rails de raccords de 4^m,10, on a sur cette voie une longueur de 36 mètres ou six longueurs de rails entre l'origine de changement et le premier joint après le talon. Il suffit donc de démonter six longueur de rails de 6 mètres pour poser l'appareil sans fausses coupes.

Lorsqu'on n'a pas de rails assortis pour relier les appareils, on procède de la manière suivante : On enlève d'abord une longueur de rails pour y placer l'aiguillage, puis une autre longueur à 18 mètres de la première pour l'emplacement du croisement ; on place le talon de celui-ci en jonction avec les rails de la voie principale, et l'on raccorde les deux appareils en coupant s'il y a lieu les quatre rails qui doivent s'assembler avec les rails ex-

térieurs et les pattes de lièvre du croisement.

Quand un changement doit être posé dans une courbe, on modifie le tracé de cette dernière, de manière à avoir deux alignements de longueur suffisante pour l'aiguillage et pour le croisement.

Les voies de raccord sont posées tantôt sur traverses communes, tantôt sur traverses ordinaires indépendantes ; c'est ce dernier mode qu'on emploiera en campagne.

Les deux ou trois premières traverses vers le talon de l'aiguille sont sabotées pour recevoir les rails de toutes les voies bifurquée ; au delà, les voies deviennent indépendantes et chaque traverse est sabotée pour une seule voie ; elle est entaillée du droit des rails de l'autre pour laisser passer ces rails librement.

L'appareil de manœuvre est placé indifféremment à droite ou à gauche du changement, suivant les circonstances locales ; on a soin surtout que le levier soit, dans

ses deux positions extrêmes, également incliné par rapport à la verticale, et que l'axe de l'appareil se trouve au minimum à 2 mètres de l'axe du rail contre-aiguille le plus voisin. Si l'espace dont on dispose ne permet pas de prendre cette distance, on place l'appareil parallèlement à la voie, en se servant d'un levier d'équerre pour renvoyer le mouvement. Dans ce cas, la distance à la voie peut être réduite à 1^m,20.

172. Montage et pose des traversées. — Le montage et la pose des traversées s'exécutent comme le montage et la pose des changements de voie, en suivant les indications des plans de pose.

173. Pose de la voie des passages à niveau. — Dans la largeur du passage, les voies doivent être au même niveau que la route de terre. La chaussée, en cet endroit, peut être construite en madriers, en graviers ou en pavés. On place de chaque côté de l'axe de la voie un contre-rail fixé de manière à laisser un intervalle de 5 à 6 centimètres de largeur entre lui et le rail, pour le passage des boudins des roues.

Quand la chaussée doit être pavée, on interpose entre les rails et les traverses des cales en bois ou en fonte de 8 à 10 centimètres d'épaisseur, pour que, les pavés placés au-dessus des traverses aient une épaisseur suffisante.

174. Pose des plaques tournantes. — Afin d'éviter les tassements, les plaques tournantes sont posées soit sur le sable, soit sur un châssis en charpente.

On pratique d'abord une fouille circulaire d'un rayon supérieur de 0^m,50, à celui de la plaque à établir, et d'une profondeur de 0^m,75, si le sol est en remblai, et de 0^m,50, s'il est en déblai.

Cette excavation est remplie de pierres cassées que l'on pilonne fortement, par

couches d'environ 10 centimètres d'épaisseur, sur chacune desquelles on répand une couche de sable de 3 centimètres d'épaisseur que l'on arrose à grande eau et que l'on pilonne jusqu'à ce que le sable ait pénétré dans les vides des pierres cassées.

La partie supérieure de la fondation est formée par une couche de sable de 15 centimètres d'épaisseur arrosée et pilonnée jusqu'à ce qu'elle forme une aire ferme et unie, sur laquelle on pose le croisillon de la plaque tournante, en ayant soin que toutes les surfaces d'appui reposent également bien sur le sable.

On pose alors la partie fixe de la plaque en ayant soin de faire correspondre les entailles de la cuve aux voies à mettre en communication, et de placer le pivot exactement dans l'axe de ces voies; on boulonne alors la cuve d'enceinte et l'on pilonne tout autour des couches successives de pierres cassées et de sable.

Le montage des plaques doit être fait avec le plus grand soin, ainsi que le bourrage, de manière que les rails du plateau se trouvent dans le même plan que les rails des voies et s'y maintiennent.

175. Pose des chariots de service. — La fondation des chemins de roulement des galets doit être faite avec beaucoup de précaution pour éviter les tassements.

Les rails peuvent être établis sur traverses, sur longrines ou sur maçonnerie, selon les difficultés d'assèchement que présente le sol.

Le fond des fosses est généralement garni de pavés et l'écoulement des eaux pluviales est assuré par des rigoles qui communiquent aux aqueducs de la gare.

Les murs d'enceinte sont en maçonnerie couronnée par une longrine en bois dur ou par une bordure en pierre de taille.

§ VIII. — DISPOSITIF DES GARES

176. Dispositifs de voie particuliers aux gares. — L'objet d'une gare est d'assurer tout ou partie, suivant son importance, des services que comportent l'exploitation, la construction ou les réparations.

La formation et l'expédition des trains suivent un ordre régulier ; les dispositions à prendre pour leur croisement leur garage,

leur chargement et leur déchargement etc., constituent un ensemble d'opérations dont l'exécution exige l'organisation de réseaux particuliers de voies dans l'intérieur des gares. Ces réseaux portent des noms particuliers qui indiquent en général leur destination.

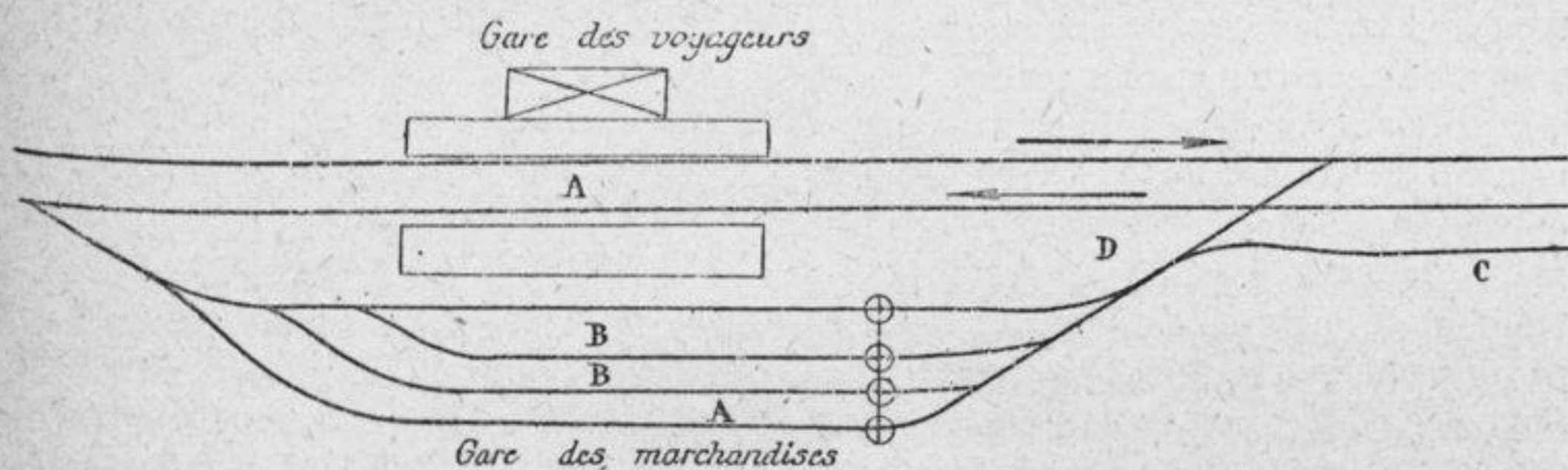


Fig. 163.

On appelle *voies de formation de train* celles qui longent les quais de voyageurs ou les quais de marchandises A (fig. 163).

Les trains formés s'amènent sur la voie de départ, soit en bloc si la voie de formation et celle de départ s'aiguillent l'une sur l'autre, soit par wagons successifs lorsque ces voies ne communiquent que par des plaques tournantes.

On appelle *voie d'évitement* une voie latérale sur laquelle vient se remiser momentanément l'un des deux trains qui se croisent dans une gare, sur une ligne à voie unique. Lorsque la ligne est à deux voies, la voie d'évitement prend le nom de *voie de garage* B.

Les *voies de triage*, C, sont celles sur lesquelles vient se faire le triage et le classement des wagons d'un même train, ayant des destinations différentes. Les voies de triage sont commandées par une voie de manœuvre qui amène ou emmène les trains. Elles sont généralement en pente de 3 à

4 millimètres pour faciliter les mouvements des wagons.

La *voie de débord* est une voie en cul-de-sac qui sert, soit pour l'élimination des véhicules détériorés ou réservés, soit pour les manœuvres. Cette voie ne se trouve que dans les grandes gares.

Les *voies de service, de manœuvre*, D, sont celles qui servent, soit à faire communiquer entre elles les autres voies, soit à faire circuler les machines du dépôt à leurs trains, soit enfin à exécuter le camionnage intérieur de la gare.

L'ensemble des voies d'une gare est nécessairement proportionné à son importance.

Les *changements de voie* doivent autant que possible être placés sur les voies principales de manière à être parcourus par les trains, du croisement vers les aiguilles, c'est-à-dire à ne pas être pris en pointe.

Cette règle est surtout suivie sur les lignes à trains rapides, mais on ne s'as-

treint pas à l'appliquer dans les stations où tous les trains s'arrêtent, et où, par conséquent, la vitesse est ralentie. Elle n'est d'ailleurs pas applicable sur les lignes à une voie et aux bifurcations.

La longueur des voies de garage doit correspondre à celle des trains, des poteaux d'arrêt sont placés à une distance du croisement telle que les wagons peuvent stationner sans crainte d'être heurtés par ceux en mouvement sur la voie latérale.

L'écartement à ménager entre les voies de service et les voies principales doit être de 4 mètres à 4^m,50, afin de permettre la manœuvre sur ces voies de service sans gêner la circulation sur les autres.

Dans les gares où se fait un grand mouvement de trains, les voies de service doivent être disposées de manière que les trains entiers puissent y entrer directement et se composer ou se décomposer par des manœuvres exécutées à la machine. Pour atteindre ce résultat, toutes les voies destinées à ces grandes manœuvres sont reliées entre elles par une suite non interrompue de changements de voie, formant une voie spéciale recoupant toutes les autres.

177. Il y a deux manières d'établir cette voie de raccord.

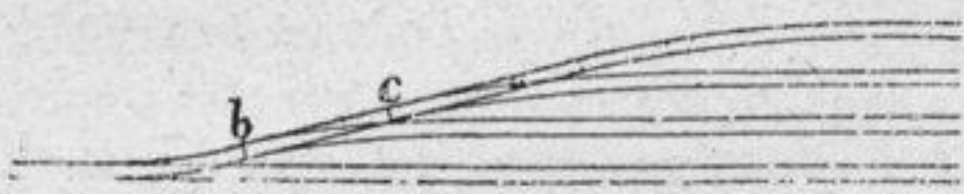


Fig. 164.

Pour la première manière, on emploie les dispositions indiquées (fig. 164).

On pose d'abord un premier changement *a*, lequel donne naissance à une voie oblique sur laquelle on établit en déviation les changements des voies de service.

Les changements *b* et *c* doivent être placés bout à bout à la suite l'un de l'autre, de manière à réduire autant que possible la longueur perdue pour le garage sur les voies de raccordement.

La distance entre deux changements consécutifs est égale à la longueur d'un

changement mesurée entre le joint avant l'aiguillage et le joint du talon du croisement. Cette condition détermine l'angle de déviation de la voie oblique.



Fig. 165.

Pour la deuxième manière d'établir le raccord, on emploie les dispositions indiquées (fig. 165).

On établit sur la voie principale et à la suite l'un de l'autre tous les changements en déviation donnant entrée aux voies du faisceau et l'on raccorde celles-ci aux voies déviées par une série de courbes et d'alignements droits parallèles.

La direction de ces alignements droits se détermine comme dans le premier cas.

Lorsqu'un faisceau de voies parallèles doit avoir une entrée à chacune de ses extrémités, il est surtout avantageux d'établir l'une des entrées suivant la première manière et l'autre suivant la deuxième ; de cette façon, toutes les voies ont la même longueur de garage, sauf la première et la dernière, qui sont un peu plus longues.

C'est le dispositif que nous avons indiqué dans la figure 163.

On peut d'ailleurs multiplier indéfiniment le nombre de faisceaux de voies de garage.

En munissant chacun d'eux d'une voie de triage et en mettant en communication ces dernières voies, entre elles d'abord, et séparément, avec la voie principale de ce côté, on a un système d'une puissance illimitée.

178. Garage par refoulement. — Pour se garer, le mécanicien s'engage dans le tronc commun jusqu'à ce que tout le train ait dépassé la pointe des aiguilles et s'arrête complètement ; puis, dès que l'aiguilleur a placé les aiguilles pour la voie de garage, il fait refouler son train sur cette dernière voie en renversant la coulisse.

Mais cette manœuvre est forcément longue, surtout si le mécanicien a laissé tomber la pression de la vapeur; mais on ne peut l'éviter qu'en prenant l'aiguillage en pointe, ce qui oblige à le traiter comme une bifurcation et à la couvrir par des signaux. Aussi ce dernier mode de garage direct n'est employé qu'aux gares où la circulation est très active à cause du personnel qu'il nécessite.

Pour que le refoulement des trains ou des véhicules ne soit ni trop pénible, ni même trop facile, attendu que dans ce dernier cas les wagons pourraient être lancés avec une trop grande vitesse d'un

coup de tampon du tender, les voies de garage sont généralement de niveau avec l'aiguillage qui les réunit à la voie principale, ou bien en rampe légère à partir de cet aiguillage. Cela explique pourquoi il existe dans les gares des ressauts, souvent très considérables, entre des voies voisines.

Très souvent, les voies de garage communiquent entre elles, directement, par des plaques tournantes.

A l'extrémité de la voie de triage, il existe généralement une plaque tournante pour les locomotives.

§ IX. — REMISES ET QUAIS

179. Remises de voitures. — Sur un chemin de fer, il faut de distance en distance des remises pour recevoir les voitures vides de certains trains et les abriter jusqu'à ce qu'elles soient de nouveau employées.

Pour éviter les pertes de temps, dans ces gares de remaniement de trains de voyageurs, on met sur beaucoup de chemins de fer les voitures à retirer en queue du train; on n'a alors qu'à décrocher la première pour que le train puisse partir. Mais on ne peut ajouter de voitures qu'après l'arrivée du train, il faut donc placer les voitures à ajouter sur la voie de ga-

voie sur laquelle circulent les trains auxquels on ajoute des voitures.

180. Quais d'embarquement et de débarquement. — Dans les gares aux marchandises, il faut au moins une voie spéciale, une cour et un quai, dont une portion couverte pour abriter les marchandises susceptibles de s'avarier (*fig. 166*).

D'un côté, le quai longe la voie dont il s'agit à une distance de 0^m,80 environ du rail voisin et est élevé au-dessus des rails de 0^m,90 à 1^m,00, c'est-à-dire de la hauteur des planchers des wagons.

La forme du quai est d'ailleurs assez variable. Très souvent, elle est plane, quelquefois en dos d'âne et munie de heurtoirs des deux côtés pour arrêter les marchandises; quand on doit avoir beaucoup de marchandises roulantes à manier, on raccorde le quai avec le sol par un plan incliné.

La portion découverte du quai doit comporter une rampe douce qui la raccorde avec le sol, pour l'embarquement et le débarquement des bestiaux.

Le quai à marchandises est, pour la facilité de la surveillance, placé le plus près possible du bâtiment des voyageurs.

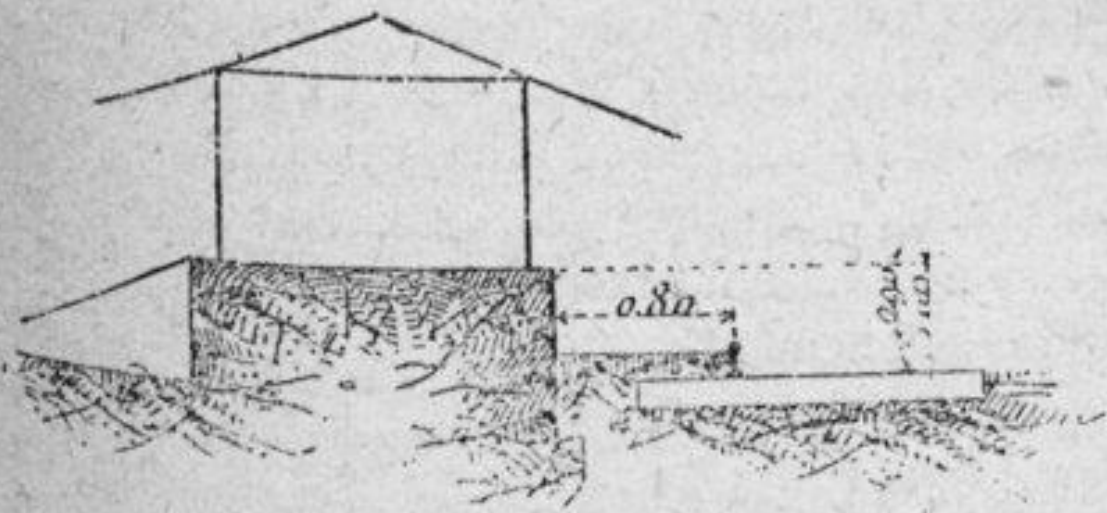


Fig. 166.

rage et le plus près du croisement de cette voie avec la voie principale; en outre, il convient de placer la remise du côté de la

CHAPITRE VII

EXPLOITATION

§ I. — GÉNÉRALITÉS

181. Le service de l'exploitation comporte l'organisation de la série journalière des trains, leur formation suivant les besoins du trafic, et leur circulation conformément aux règles techniques.

Ce service est dirigé par un ingénieur en chef de l'exploitation, ayant sous ses ordres un directeur ou un inspecteur général du mouvement, ainsi que le personnel des gares et celui des trains.

L'exécution de ce service comporte certaines mesures et difficultés particulières dues à deux causes principales. La voie d'un chemin de fer ne donne place qu'à un seul train à la fois et, contrairement aux routes ordinaires, ne permet aucun écart, aucun garage ailleurs que dans les endroits désignés et aménagés en conséquence. D'autre part, les trains qui doivent se succéder sur une même voie ne sont point animés des mêmes vitesses.

De là des ordres de service plus ou moins compliqués, suivant qu'il s'agit de

lignes à double voie ou de lignes à voie unique.

Sur les lignes à double voie, les trains circulent toujours sur la voie de gauche en regardant le point vers lequel ils se dirigent, il en résulte que chaque sens de mouvement a sa voie désignée en permanence, et que, par suite, les trains allant en sens inverse peuvent se croiser en un point quelconque de leur trajet.

Sur les lignes à voie unique, les trains en gare stationnent sur la voie de gauche, voie d'évitement, ils ne quittent la gare qu'après que le chef de gare s'est assuré qu'aucun train ne s'est mis en marche de la station en avant.

Une condition très importante à remplir pour toutes les voies ferrées, c'est que la série des trains qui circulent dans le même sens se succèdent à des intervalles suffisants, pour que les différences de vitesse ne puissent amener de rencontres par tamponnement.

§ II. — SERVICE DES TRAINS

182. Itinéraires. — Les itinéraires sont, en conséquence, calculés de manière à ne permettre à aucun train rapide d'en atteindre un plus lent, en dehors d'une gare, avant que le temps nécessaire pour le garage du second se soit écoulé.

La préparation des itinéraires journaliers est un travail délicat, qui nécessite le concours d'agents instruits et expérimentés. Les itinéraires sont des espèces de feuilles de route que l'on remet à tous les agents du mouvement, mécaniciens, chefs de train, etc., et qui portent le nom de *graphiques*.

Le *graphique* est un tableau sur lequel se

connaît la nature du chargement du train et sa provenance.

On représente par des traits rouges de grosseurs différentes les trains express et omnibus.

Les trains de marchandises se représentent en noir; les trains mixtes, par un trait mixte, rouge et noir; les trains facultatifs et supplémentaires en pointillé.

Une feuille est dressée d'avance pour chaque réseau, de telle sorte qu'il est possible d'embrasser d'un coup d'œil, l'ensemble du mouvement journalier effectué sur cette section.

183. Livret de marche. — Le tableau des itinéraires ou du service journalier s'établit, d'après les graphiques, sur un horaire ou livret de marche que les compagnies font dresser chaque semaine, et dont l'ensemble constitue le livret Chaix, mis entre les mains du public, sous le nom d'Indicateur des chemins de fer.

184. Ordres de service. — La rédaction des consignes nécessaires aux divers

trouvent des tracés rapportés à des coordonnées rectangulaires (*fig. 167* pour une ligne à une voie, et *fig. 168* pour une ligne à deux voies).

Les ordonnées représentent les distances kilométriques et les abscisses les divisions du temps; en marge sont indiqués les noms des stations, les distances annulées depuis le point d'origine et entre deux stations consécutives.

Les trains y sont représentés par une ligne et un numéro de série; on adopte des nombres pairs pour les trains qui suivent les voies impaires, c'est-à-dire pour celles que suivent généralement les trains s'éloignant de leur point d'origine.

Chaque série de nombres est affectée à un genre défini de transport, de sorte qu'à la seule inspection de son numéro, on

agents d'exécution: mécaniciens, chefs de train, chefs de gare, chefs de section, etc., est également établie en partant

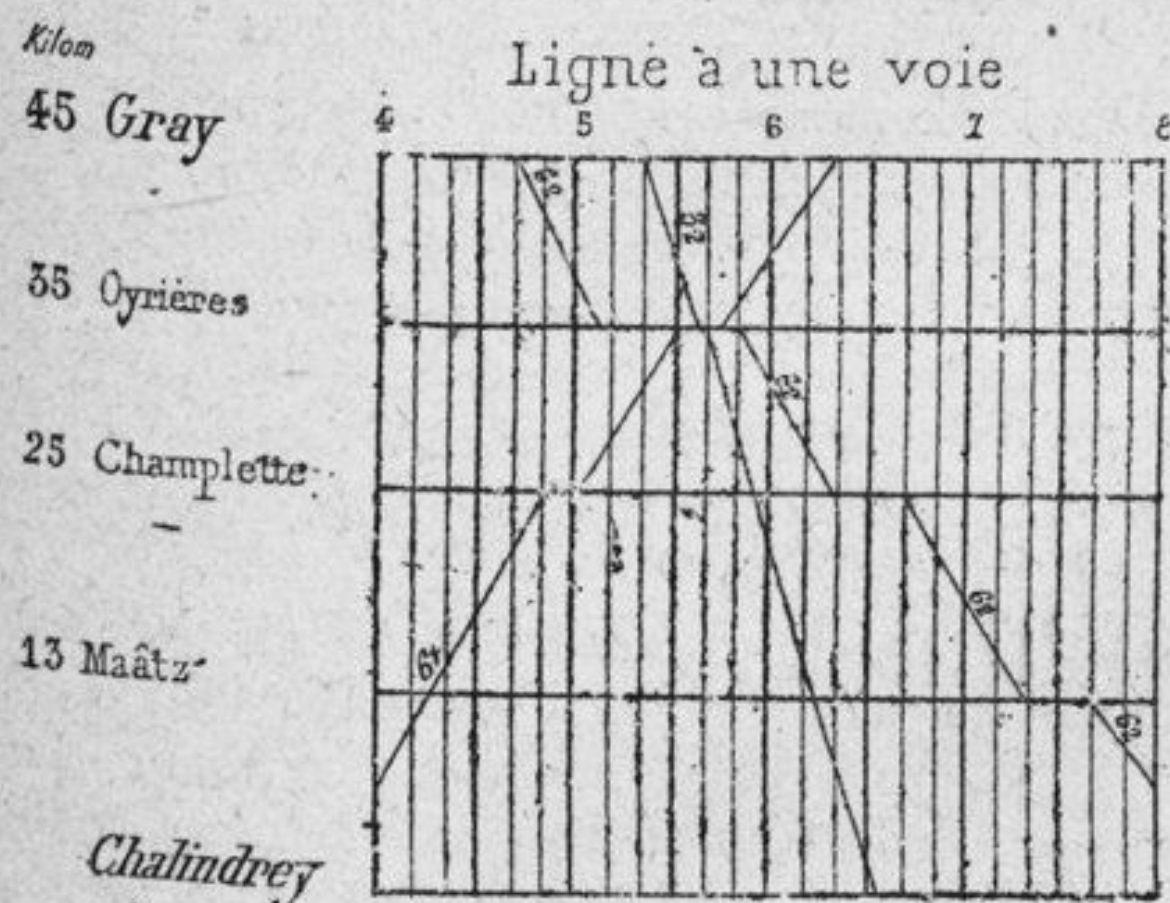


Fig. 167.

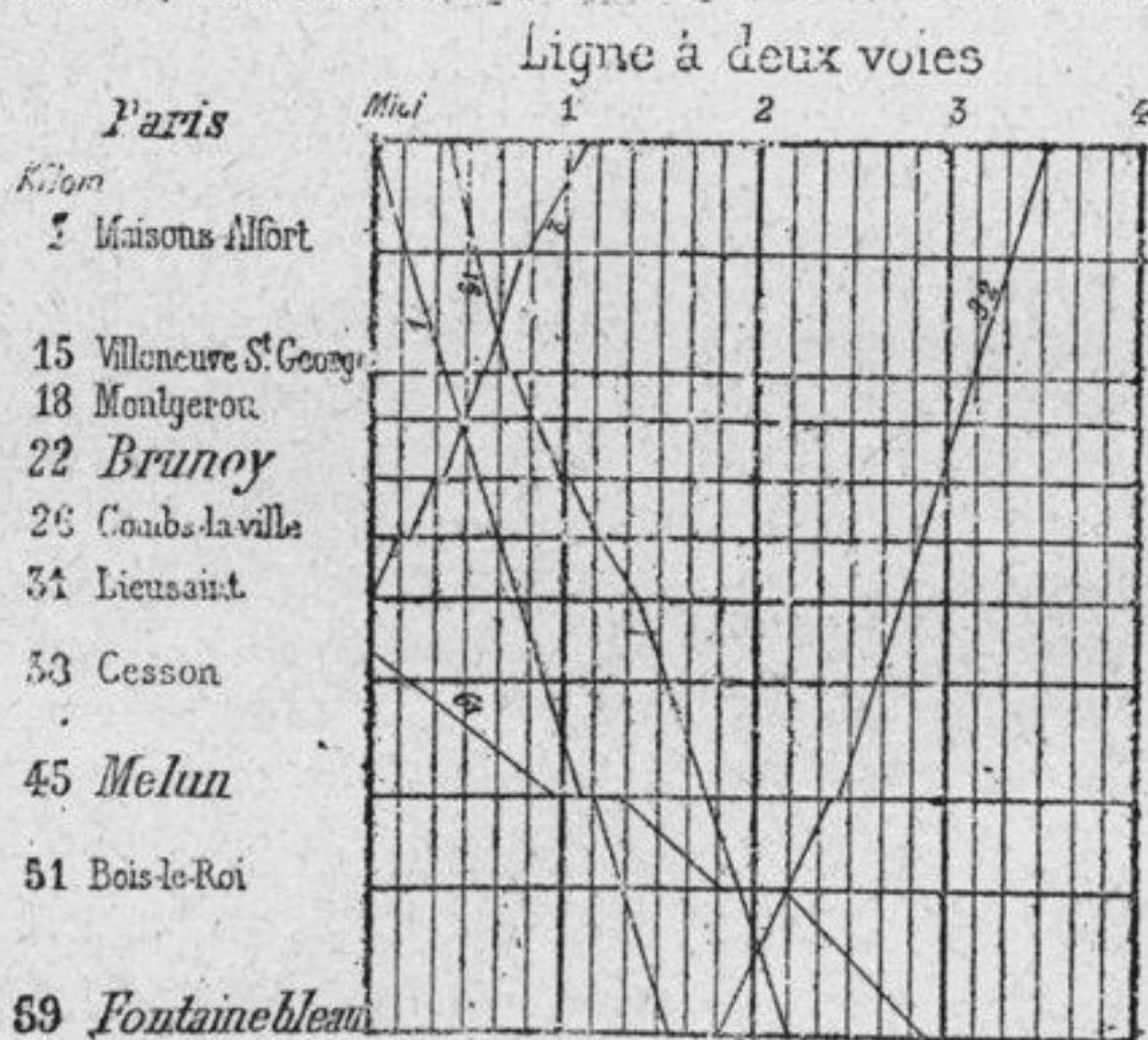


Fig. 168.

des graphiques comme première base.

Les ordres de service contiennent, en outre, la composition des trains, leur destination, ainsi que toutes les circonstances dans lesquelles voyageurs et marchandises doivent être transportés à destination.

185. Composition des trains — La composition maximum des trains est fixée par des arrêtés ministériels embrassant tout l'ensemble du service : tarifs, conditions du trafic, etc.

Le nombre des voitures remorquées est variable avec le profil des lignes et la nature des trains. Un train de voyageurs ne peut dépasser vingt-quatre voitures, un train de marchandises quarante.

Un train quelconque doit avoir, en plus du frein du tender, deux voitures à frein manœuvré, au-dessous de quinze voitures, et trois au-dessus de ce nombre. Un des freins manœuvré doit se trouver dans les trois dernières voitures du train.

Un fourgon doit toujours être placé en tête, entre le tender et la première voiture; c'est le plus souvent le fourgon du chef de train.

186. Chargement des trains. — Un train ne doit jamais être chargé que d'après la résistance du passage le plus difficile d'un parcours, afin que la locomotive ne soit pas exposée à manquer d'adhérence.

Cette condition aurait un inconvénient énorme; car, pour un long parcours ne présentant qu'un seul passage difficile, on aurait été obligé à ne donner, pendant la presque totalité du trajet, que des chargements insuffisants pour utiliser toute la puissance des machines.

Pour remédier à cet inconvénient, on a créé des sections de relais, dont la longueur est variable suivant les conditions

de l'exploitation, mais est généralement comprise entre 80 et 200 kilomètres. Chaque machine parcourt toujours la même section de relai, dans un sens ou dans l'autre.

Aux limites des sections de relais se trouvent des dépôts de machines, pour changer ou renforcer celles qui en auraient besoin; c'est dans ces dépôts que les mécaniciens visitent et nettoient leurs locomotives.

Pour encourager ces agents à bien entretenir leurs machines, on leur laisse toujours la même à conduire et à entretenir. Il résulte de ces dispositions que le mécanicien, ayant toujours le même trajet à faire avec la même machine, connaît parfaitement le profil et le tracé de la section, et sait conduire sa locomotive en conséquence.

Le chargement des trains n'est fait qu'en vue d'une section de relai. S'il est trop fort pour une autre section, on lui attelle une machine plus forte, où on ajoute une machine de renfort, ou encore on double le train.

On met en dépôt des machines exceptionnelles au pied des sections à très forte rampe.

187. Un livret de charge, dont chaque feuillet concerne une section de relai, donne pour chaque machine et pour chaque vitesse moyenne de machine ce que cette machine peut remorquer.

Il est donc facile, avec les renseignements donnés par ce livret, de composer le train de manière que la charge totale ne dépasse pas le chiffre porté sur la feuille de charge et corresponde à la vitesse moyenne de marche exigée par le livret de marche, dont il a été question plus haut.

§ III. — ORGANISATION DES TRAINS

188. Formation d'un train. — Le chef de manœuvres, muni de la feuille de com- position du train, commande à la machine les mouvements à faire, et à l'aiguilleur

sur quelle voie il doit l'envoyer pour y prendre successivement et dans l'ordre voulu tous les wagons; la partie déjà formée du train arrive toujours en refoulant, et avec le plus de lenteur possible de manière à éviter tout tamponnement; l'attelage est fait par un homme d'équipe.

189. Décomposition d'un train. — C'est la manœuvre inverse de la précédente. Les wagons sont successivement conduits sur les voies où ils doivent stationner; ils sont dételés par l'homme d'équipe et abandonnés par le train; qui reprend sa marche.

190. Addition ou enlèvement des wagons pendant la route. — Le train est amené avec sa machine sur la voie de stationnement, de manière que l'endroit où le train doit être coupé pour y ajouter ou en retirer des wagons, soit au droit de la batterie de plaques de la gare; les wagons sont ensuite amenés par ces plaques, ou retirés suivant le cas, pour faire place aux nouveaux wagons qui sont attelés successivement.

191. Manœuvres des plaques. — Les manœuvres sur plaques sont exécutées à bras d'homme, le véhicule est amené lentement sur la plaque, et calé avec des coins emmanchés, après qu'on s'est assuré qu'il n'est pas engagé sur les voies prolongeant celle de la plaque; puis on lève le valet qui retient la plate-forme, et les hommes d'équipe poussent à l'épaule le véhicule de façon à faire tourner la plate-forme; un homme est placé près du valet, qu'il abaisse dans l'entaille de retenue aussitôt que le wagon est arrivé en face de la nouvelle voie qu'il doit prendre; les sabots sont alors retirés et le wagon est poussé sur la voie.

192. Attelage des wagons. — Les hommes d'équipe qui font les attelages doivent être placés contre la traverse du wagon à atteler, la figure tournée vers la partie du train en mouvement qui vient vers eux, tenant à la main le maillon à engager

dans le crochet d'attelage; ils doivent s'abstenir de serrer les tendeurs tant que le train n'est pas arrêté; à ce moment seulement, ils complètent l'attelage en accrochant les chaînes et en serrant de manière à amener les tampons au contact; ils se retirent en passant sous les tampons du côté de l'entrevoie.

193. Manœuvres de triage et de décomposition par traction de chevaux. — On exécute souvent les manœuvres de triage et de décomposition des trains, par traction de chevaux; ces derniers marchent alors dans l'entrevoie, ils sont attelés latéralement à une chaîne ou à une prolonge de manœuvre. On peut arriver ainsi à une certaine vitesse d'impulsion, et exécuter les manœuvres au lancer, mais il faut une grande prudence, la vitesse acquise devant toujours être telle que les véhicules lancés s'arrêtent d'eux-mêmes ou avec le frein avant d'atteindre ceux qui peuvent être placés sur la même voie.

On peut se servir des chaînes de manœuvre pour faire passer, à l'aide de la locomotive, un train d'une voie sur une autre, la machine restant sur la voie parallèle.

194. Placement de la machine de la tête à la queue du train. — Cette manœuvre est nécessaire aux gares de rebroussement et aux gares têtes de ligne. Dans les premières, le train est amené par la machine jusqu'au delà du point de rebroussement et repris par une autre machine placée dans la bonne direction; s'il n'y a pas d'autre machine, celle du train le refoule jusqu'au delà du changement, elle est retournée bout pour bout sur une grande plaque et vient se placer en tête par les voies d'évitement de la gare.

Aux gares têtes de ligne, le train entre en gare machine en tête; la machine est ensuite retournée sur la grande plaque qui termine la voie, et mise sur la voie voisine d'où elle regagne par un changement, la tête du train qu'elle vient de

quitter. Si les plaques se trouvent avant l'entrée en gare, la machine quitte le train avant l'entrée et vient se remettre en queue par les changements de voie sans s'être retournée; elle pousse alors le train jusqu'au quai d'arrivée.

§ IV. — SURVEILLANCE DE LA VOIE

195. Surveillance de la voie. — Elle est exercée par des agents nommés *garde-lignes* ou *garde-barrières*, qui sont placés à certains points déterminés : tunnels, passages à niveau, grands ouvrages d'art, etc.

Ils ont pour mission d'entretenir, en parfait état, la portion de voie déterminée qui avoisine leur poste, ainsi que de la surveillance générale de cette partie.

Ils sont munis de tous les signaux réglementaires, et souvent aussi d'une trompe dont ils se servent pour annoncer de poste en poste le passage des trains.

Ils indiquent à tout train passant devant eux, par les signaux suivants, si la voie est libre ou non.

Drapeau roulé, le jour	}	Voie libre.
Lanterne à feu blanc, la nuit		
Drapeau vert déployé, le jour	}	Ralentissement.
Lanterne à feu vert, la nuit		
Drapeau rouge déployé, le jour	}	Arrêt.
Lanterne à feu rouge, la nuit		

Ils sont chargés de la manœuvre des signaux de protection établis, quand il y a lieu, en avant des postes qu'ils occupent.

Un garde-ligne placé près d'un passage à niveau, ne doit l'ouvrir qu'après s'être assuré qu'aucun train n'est en vue; il ouvre d'abord la barrière de sortie, puis celle d'entrée; si l'arrivée d'un train est imminente et que le passage doive durer un certain temps, il n'ouvre sa barrière qu'après le passage du train.

Les garde-lignes placés aux extrémités des grands tunnels sont autant que possible en communication au moyen de signaux électriques. Quand un train se présente, il lui est livré passage, puis le

signal est remis à l'arrêt et n'est de nouveau effacé qu'après que le garde a reçu avis de la sortie du train précédent.

196. Entretien courant de la voie. — L'entretien courant de la voie est assuré par des cantonniers réunis en équipes de six à douze hommes commandés par des chefs d'équipe, lesquels sont eux-mêmes sous les ordres des piqueurs et des ingénieurs de la voie.

Chaque chef d'équipe est chargé du petit entretien courant d'une portion de voie d'une longueur déterminée. Sa mission consiste principalement à passer minutieusement l'inspection de l'état de la voie, à rendre compte au piqueur de toutes les réparations dont il constate la nécessité et à exécuter ces réparations lorsqu'il en a reçu l'ordre.

Afin de ne point interrompre la circulation, le chef d'équipe doit avoir bien soin de n'entreprendre les travaux qu'entre deux trains suffisamment distants pour que le second puisse passer, sinon à pleine vitesse, du moins en ralentissant. Pour la même raison, il ne doit jamais entreprendre les travaux sur les deux voies à la fois.

Il doit veiller aussi à ne jamais laisser à proximité de 1 mètre des rails, des outils ou des matériaux susceptibles d'être atteints par les bielles des locomotives ou les marche-pieds des voitures.

En dehors de l'outillage, les équipes sont pourvues de tous les signaux réglementaires, afin de couvrir, à 1000 mètres en avant, les points sur lesquels s'exécutent des travaux d'entretien ou de réparation.

Elles doivent aussi veiller à ce que les trains observent les prescriptions réglementaires, et les prévenir de tout ce qui intéresse leur marche.

§ V. — SIGNALS

197. Signaux et manœuvres de protection. — Nous avons indiqué au chapitre IV, en quoi consistaient les différents signaux et quelle était leur signification; il nous reste à décrire comment, à l'aide de ces signaux et de certaines manœuvres réglementées, on assure la sécurité et la régularité dans le service de l'exploitation.

Tout train circulant à une marche régulière porte à l'avant de la machine un ou deux feux blancs et à l'arrière trois feux rouges. Du reste, le train est protégé ou « couvert » par le fait même de sa régularité; c'est aux chefs de gare à ne laisser s'engager à sa suite d'autres trains qu'après les délais réglementaires.

Tout train arrêté en dehors d'une gare par un accident quelconque doit immédiatement se couvrir, en arrière seulement sur les lignes à deux voies, et des deux côtés sur les lignes à une voie. Cette protection s'obtient à l'aide d'un agent du train qui se porte sur la voie jusqu'à 800 ou 1000 mètres de distance, en semant au besoin (s'il y a brouillard ou s'il opère la nuit) des pétards le long des deux rails de distance en distance; en outre un agent est chargé d'agiter un drapeau rouge pour arrêter tout train marchant sur celui qui est en détresse.

La marche à contre-voie (c'est-à-dire sur la voie de droite par rapport au sens de la marche du train) est indiquée le jour par un drapeau rouge placé sur la machine, du côté de l'entre-voie, la nuit par un feu rouge placé à côté du blanc à l'avant de la machine.

Tout train suivi à moins de 10 minutes d'intervalle par un autre, porte à l'arrière

du côté de l'entre-voie un drapeau vert le jour, un feu vert la nuit.

Quand accidentellement, dans une ligne à double voie, la circulation est interrompue sur une des voies, on fait accompagner les trains sur la voie unique restante par un employé appelé *pilote*, muni d'une commission écrite.

Sur les lignes à une voie, quelques compagnies emploient le système dit *du bâton*.

Tout conducteur de train ne quitte une station ou un garage, qu'en se munissant d'un bâton spécial, qu'il doit remettre au conducteur du train garé à la station suivante, et qui doit circuler en sens inverse entre les deux stations, immédiatement après lui, chaque train ne pouvant partir qu'après la remise du bâton; remise faite par le conducteur du train circulant en sens inverse, il est manifeste qu'aucune collision ne saurait avoir lieu en pleine voie.

198. Block-système. — Le meilleur système actuellement connu pour assurer la protection des trains, tout en assurant le maximum de circulation, est le *Block-système*.

Il consiste à partager la ligne sur laquelle on veut l'appliquer en sections ou cantonnements de 2 à 3 kilomètres de longueur, dans chacun desquels il ne doit jamais circuler qu'un train à la fois. Des signaux électriques automatiques servent d'avertisseurs à la frontière de chaque cantonnement, de telle sorte que les trains ne se trouvent plus espacés par le temps, mais par la distance, et qu'une section entière peut se trouver couverte de trains échelonnés, circulant ensemble,

mais maintenus à des intervalles fixes, comme les anneaux d'une chaîne rigide.

Avec ce système, la circulation peut aller jusqu'à cent vingt trains par jour dans chaque sens ; malheureusement il nécessite une dépense assez considérable de premier établissement et de grands frais d'entretien.

Les signaux ne s'emploient pas seulement pour couvrir les trains en marche ; leur principal but est de couvrir les gares, d'en préparer l'accès aux trains et d'y permettre les manœuvres intérieures.

Nous avons indiqué, au chapitre iv, la signification de ces signaux et leur installation aux abords des gares ; la manière de se servir de ces signaux se trouve indiquée par cela même. Nous nous bornerons à dire que le signal le plus usité pour les gares est le disque, dont la manœuvre se fait à bras, au moyen d'une aiguille-levier.

199. Emploi des disques. — Depuis quelques années, dans la plupart des gares importantes, la manœuvre du disque est

accompagnée d'une sonnerie électrique, qui fonctionne dans le bureau du chef de gare et tient ainsi cet agent constamment au courant des manœuvres.

Malgré l'addition des sonneries électriques, on reproche avec raison au système de disques mus à bras de présenter toujours le grave inconvénient de faire reposer la sécurité du service sur la vigilance d'un ou de deux hommes.

C'est pourquoi on a imaginé un certain nombre de mécanismes de signaux dont le fonctionnement est absolument automatique. Toutefois l'expérience n'a pas encore permis de se prononcer d'une façon suffisamment certaine sur la question de savoir si la rectitude mécanique des appareils électriques offre plus de garanties que la vigilance humaine. A notre avis, il faut employer les deux systèmes à la fois, car on ne saurait prendre trop de précautions quand il s'agit de sauvegarder l'existence des nombreux voyageurs que transportent les chemins de fer.

§ VI. — DE L'EXPLOITATION

200. Services de l'exploitation d'un réseau. — L'exploitation d'un réseau comporte un ensemble de services qui sont organisés d'une façon uniforme sur toutes les lignes, et centralisés dans la main d'un directeur général, savoir :

1° *Le service de la voie*, comprenant tout ce qui concerne la construction et l'entretien des voies ferrées.

2° *Le service du matériel et de la traction*, comprenant les ateliers de construction et de réparation du matériel ; les dépôts et tout ce qui s'y rattache.

3° *Le service de l'exploitation*, comprenant tout ce qui concerne le mouvement des trains et le trafic.

4° *L'administration proprement dite*

comprenant tout ce qui concerne la comptabilité et la gérance de tous les services.

Le contrôle de l'État s'exerce à l'aide.

1° D'un chef du contrôle au ministère des Travaux publics, lequel est l'intermédiaire naturel du ministre avec les compagnies pour toutes les instructions, négociations de litiges, centralisation de documents statistiques, etc. Chaque année le directeur du contrôle au ministère des Travaux publics fait paraître une statistique des chemins de fer d'intérêt général.

2° D'un commissaire de surveillance, institué dans chaque gare pour veiller à l'exécution des prescriptions réglementaires et des clauses du cahier des charges, dans la formation ou la circulation des

trains, et dans la manutention des gares, en ce qui intéresse les tiers.

201. Agents de l'exploitation. — Les agents de l'exploitation comprennent :
1° tout le personnel des gares, chefs de gare ou de station, sous-chefs, facteurs, aiguilleurs, hommes d'équipe, visiteurs et graisseurs, employés de télégraphe ;
2° tout le personnel des trains, chefs de train, garde-freins, serre-freins, fourgonniers, graisseurs.

202. Chef de gare ou de station. — Le chef de gare ou de station est le représentant direct de la compagnie de chemin de fer ; il commande à tout le personnel de la gare et à celui des trains pendant leur séjour en gare ; il dirige tout le service de la gare : police intérieure, mouvement et formation des trains, embarquements et débarquements, comptabilité, etc.

Ses principales fonctions sont les suivantes :

1° Veiller à ce que les voies principales soient libres, ou sinon qu'elles soient couvertes par des signaux.

2° Former les trains de manière que le nombre de voitures ne dépasse pas le chiffre réglementaire ; si, sans dépasser ce chiffre, la charge totale du train est trop forte pour la machine qui le conduit, il fait atteler une deuxième machine en tête ; dans ce cas, il doit y avoir deux wagons vides entre le deuxième tender et la première voiture à voyageurs. — Toutefois, lorsqu'il ne s'agit que de franchir une forte rampe peu éloignée de la gare, la deuxième machine peut être mise en queue du train pour le pousser jusqu'au sommet de la rampe, et retourner ensuite à la gare.

3° Veiller au moment du départ des trains, à l'exécution de toutes les prescriptions réglementaires, et donner le signal du départ au chef de train, qui le transmet au mécanicien après s'être assuré que tout le monde est à son poste.

4° Signaler par le télégraphe à toutes les gares en avant tout retard de plus de

dix minutes dans l'arrivée d'un train, ou tout départ de train supplémentaire ou facultatif non prévu au graphique. Si le retard est tel que le train suivant n'a plus l'intervalle réglementaire, le chef de gare doit arrêter au passage ce second train, s'il est d'une vitesse égale ou inférieure au précédent, de façon à reprendre la distance réglementaire ; si, au contraire, c'est le second train qui a une vitesse supérieure à celle du premier, celui-ci est retenu en gare jusqu'à cinq minutes après le départ du second train.

5° Faire décharger le plus rapidement possible tous les trains arrivant à destination de la gare, et faire enlever les marchandises dans les délais prescrits, de manière à éviter l'encombrement.

6° Veiller à ce que les manœuvres de gare soient exécutées régulièrement et ponctuellement.

Suivant l'importance des gares, le chef de gare est secondé par un ou plusieurs sous-chefs, qui sont ses suppléants pour tout ou partie du service, et par un certain nombre d'employés ou d'agents.

203. Aiguilleurs. — Les aiguilleurs sont chargés de la manœuvre et de l'entretien des appareils de changement de voie, ainsi que des signaux protecteurs des appareils.

Sur les voies principales, les aiguilles sont toujours faites de façon à assurer la circulation dans les deux sens de la voie.

L'aiguilleur ne donne passage sur la voie demandée par le mécanicien qu'autant que cette voie est libre, et de plus couverte par les signaux, si elle est parcourue dans les deux sens ; dans le cas contraire, il peut aiguiller le train qui doit se garer, sur une voie qu'il sait libre, pour dégager la voie principale, mais il en prévient le chef de train.

Quand la circulation se fait accidentellement sur une voie unique, il arrête tout train qui se présente, et ne lui livre passage que sur la remise du bâton ou de l'ordre écrit de l'employé pilote.

Quand un train aborde les aiguilles en pointe, l'aiguilleur doit maintenir le levier dans sa position pendant tout le temps du passage du train, si l'appareil n'est pas cadenassé.

Enfin, l'aiguilleur doit veiller à ce que l'appareil soit toujours en état, les écrous et les clavettes serrés, les faces intérieures des coussinets, rails et aiguilles essuyées et graissées; que les aiguilles viennent bien s'appuyer contre les rails d'appui, qu'aucune pierre ne soit engagée entre le rail et l'aiguille, ce qui pourrait amener un déraillement.

204. Visiteurs et graisseurs. — Ces agents sont chargés de la visite du matériel et du graissage des boîtes dans l'intérieur des gares et à l'arrivée des trains.

Ils examinent tous les attelages et constatent, par le son que rendent les bandages des roues, sur lesquels ils frappent un coup de marteau, qu'aucune rupture ne s'est produite.

Si une avarie a été constatée à un wagon, ils y placent une étiquette indiquant la nature de l'avarie et si le wagon peut continuer sa route.

Si l'état du véhicule avarié ne donne pas toute sécurité pour le transport, il est immédiatement retiré du train.

205. Chef de train — Le chef de train a, pendant le cours de la route, autorité sur tout le personnel du train, y compris le mécanicien et le chauffeur.

Avant de faire partir le train, ils s'assurent que tout le matériel est en bon état, que le chargement est bien arrimé, que les agents sont à leur poste, que le nombre des freins et leur placement sont conformes aux ordres de service.

Pendant la route, il regarde si tout fonctionne bien et si aucune boîte ne chauffe.

En cas d'arrêt, il fait couvrir le train en arrière et à une distance de 1000 mètres, au moyen des signaux réglementaires; il le fait couvrir de la même ma-

nière en avant si la ligne est à une seule voie.

Il demande des secours au dépôt le plus proche, en ayant soin de bien préciser dans quelle situation se trouve le train et comment le secours doit se présenter.

En gare, il fait lui-même garer son train sur la voie qui lui est affectée; il en fait aussitôt effacer les signaux qu'il fait, remplacer au moment de quitter le garage.

Il est muni d'une feuille de route portant indication de la composition du train, il relate sur cette feuille toutes les modifications survenues pendant la route, les wagons laissés ou repris, les diverses circonstances qui se sont produites (arrêts, retards, accidents) et l'arrivée; il remet cette feuille au chef de gare.

206 Garde - freins — Les garde-freins sont chargés de la sûreté et de la surveillance des trains, ainsi que de la manœuvre des freins.

Ils sont généralement au nombre de trois, sur les trains français, et sont tous munis des signaux réglementaires.

Si le train a fait éclater un pétard, ou s'ils s'aperçoivent d'une cause d'arrêt qui a échappé au mécanicien, ils serrent immédiatement les freins et agitent leurs signaux d'arrêt jusqu'à ce que le mécanicien en ait connaissance et ait sifflé aux freins.

Dès que le train s'arrête en pleine voie, le garde-frein d'arrière, sans attendre d'ordres et sans s'enquérir des causes de l'arrêt, se porte au pas de course muni de ses signaux à 1000 mètres en arrière du train et le couvre par des drapeaux rouges pendant le jour, par des feux rouges, pendant la nuit, et par deux ou trois pétards placés de distance en distance. Si la ligne est à voie unique, les mêmes précautions sont prises par le garde-frein d'avant.

Si le train reprend sa route, les garde-freins préviennent les agents de la voie qu'ils rencontrent, de l'arrêt qui s'est produit et du placement des signaux pour

qu'ils puissent les enlever, ou tout au moins prévenir les trains suivants des causes qui les ont fait placer.

Si les garde-freins aperçoivent pendant la route un obstacle quelconque sur la voie

inverse, ils en préviennent de même tous les agents de la voie qu'ils rencontrent, et leur présentent le signal rouge, ainsi qu'à tout train suivant cette direction.

CHAPITRE VIII

UTILISATION MILITAIRE DES CHEMINS DE FER

§ I. — GÉNÉRALITÉS

207. — Dans les guerres modernes, entre peuples civilisés, l'influence des premiers événements sur la conduite et l'issue finale de la lutte est telle, qu'il est essentiel pour chacun de ces peuples, à moins qu'il ne se résigne à l'invasion et à un rôle purement passif, de pouvoir, en quelques jours, jeter à sa frontière toutes les forces de son armée active.

En outre, les armées sont aujourd'hui si nombreuses, les approvisionnements dont elles ont besoin si volumineux, qu'elles ne peuvent se passer du secours des chemins de fer pour se ravitailler.

De là un double rôle à remplir par les chemins de fer.

- 1° Concentrer les armées à la frontière ;
- 2° Servir à ces armées de lignes d'approvisionnement.

208. *Conditions d'un réseau national.* —

Au point de vue de la concentration sur une frontière, les chemins de fer doivent former un système de plusieurs lignes indépendantes, partant de toutes les extrémités du pays, pour aboutir sur les différents points de la zone menacée.

Chacune de ces lignes, après avoir transporté un ou plusieurs corps d'armée, peut leur servir de ligne d'approvisionnement et les mettre en communication constante avec leurs dépôts et magasins.

On voit par là qu'il existe une certaine relation entre la place occupée par les corps d'armée dans l'ordre de bataille sur la frontière et la direction de leurs lignes ferrées de concentration.

Il faut, en outre, qu'à une certaine distance en arrière de la ligne de bataille choisie, on ait une ou deux lignes ferrées transversales, dites de manœuvre, permet-

tant de déplacer les troupes dans le sens du front, pour renforcer les points faibles de la ligne.

Il résulte de ce qui précède, que la distribution régionale des corps d'armée sur le territoire n'est pas indifférente au point de vue d'une concentration, et qu'en supposant un réseau de chemins de fer constitué comme nous venons de l'expliquer, l'idéal d'une distribution rationnelle des corps d'armée consisterait à les disposer le long des lignes de concentration qui leur seraient attribuées. Le maximum de rapidité serait atteint si l'on pouvait avoir une ligne distincte et à double voie par corps d'armée.

209. Fonctionnement dans les transports stratégiques. — La composition des trains militaires de concentration a été fixée de manière à remplir les deux conditions suivantes :

1° Permettre de transporter en un seul train une unité tactique constituée, telle qu'un bataillon, un escadron, une batterie;

2° Faire arriver le train ainsi formé du point de départ à destination, sans avoir besoin de recourir, soit au fractionnement du train, soit au doublement des locomotives.

D'après ces bases, on trouve que le nombre de trains nécessaires pour transporter un corps d'armée au complet, est d'environ quatre-vingt-dix.

En ce qui concerne la vitesse des trains, elle a été fixée, une fois pour toutes, d'après les itinéraires fournis par les différentes compagnies de chemins de fer ; elle varie entre 25 et 30 kilomètres à l'heure.

L'identité de marche des trains militaires a le double avantage de diminuer les chances d'accident et de permettre la substitution d'un train à l'autre, une fois les transports commencés ; mais elle met dans la nécessité de laisser à chaque section de marche du parcours les locomotives qui lui sont affectées, et vu le nombre restreint

de ces locomotives, il faut assurer leur retour au point initial de chaque section.

Il en est de même pour le matériel roulant qui va, sans rompre charge, du point de départ au point final de débarquement, mais qu'il faut faire revenir de ce dernier point aux différentes stations d'embarquement.

Ce résultat est très facile à atteindre lorsque la ligne employée est à double voie : une voie est affectée à l'aller, une autre au retour ; l'intervalle entre les trains successifs lancés sur la voie d'aller n'est réglé que par la condition de garantir la sécurité des trains, en prévision des retards parfois inévitables, malgré toutes les précautions.

Le maximum d'activité sur la voie d'aller peut alors être atteint, pourvu qu'on n'ait pas à tenir compte du temps nécessaire au débarquement des trains à l'arrivée. On comprend dès lors l'importance capitale qu'il y a d'organiser à l'avance les gares *terminus* de manière que le débarquement s'effectue avec le plus de rapidité possible.

Lorsque la ligne n'a qu'une voie, il est nécessaire de mettre entre deux trains successifs, dans le même sens, un intervalle convenable pour ménager les croisements aux stations spéciales où se trouvent des voies d'évitement. Cet intervalle ne peut être inférieur au double de la durée du trajet entre les deux garages consécutifs qui sont le plus éloignés l'un de l'autre sur le parcours considéré.

Le nombre des trains militaires qui peuvent être lancés sur une ligne en 24 heures et dans le même sens, est de quinze sur les lignes à une voie, et de trente sur les lignes à double voie, pour un service régulier et continu. Sur ces dernières lignes, ce nombre peut être porté à quarante, mais exceptionnellement et pour peu de temps.

Or, nous avons dit plus haut que le nombre de trains nécessaires au transport d'un corps d'armée complet, y compris son parc d'artillerie et son convoi, est d'en-

viron quatre-vingt-dix ; il en résulte que ce transport pourra s'effectuer en six jours environ avec une ligne à une voie, et en trois jours avec une ligne à deux voies.

210. Remarques. — Il n'est pas indispensable, pour qu'un ensemble de lignes fonctionne avec l'activité d'une ligne à double voie, que toutes les parties de cet ensemble soient à voie double.

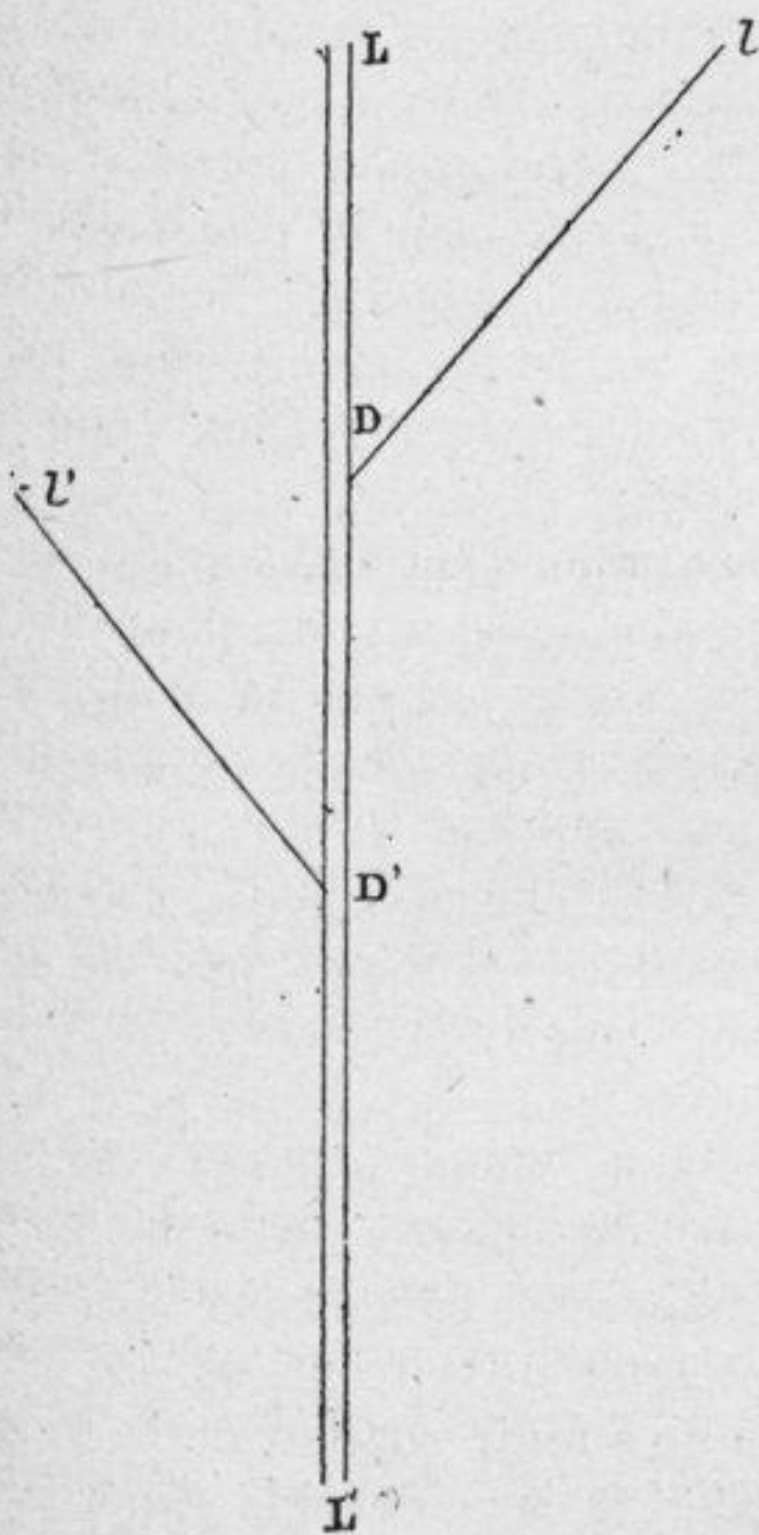


Fig. 169.

En effet, soit LL' une ligne à simple voie de L en D, et à double voie de D en L', sur laquelle s'embranchent les lignes secondaires LD et L'D' (fig. 169).

Les transports sur les lignes secondaires étant réglés sans dépasser l'activité des lignes à simple voie, il suffit de combiner les heures d'arrivée de ces trains aux points d'embranchement sur la ligne principale, de façon qu'à partir du dernier point d'embranchement jusqu'en L', l'activité atteigne celle des lignes à double voie.

On remarquera également qu'une ligne à simple voie sur tout son parcours peut

augmenter son rendement et atteindre même celui d'une ligne à double voie, si elle est, en partie ou sur presque toute son étendue, accompagnée de tronçons à simple ou double voie s'embranchant sur elle en différents points du parcours, et qui pourront être utiles, soit comme garages, soit comme voie de retour du matériel vide.

Dans les mêmes conditions, une ligne à double voie peut voir augmenter son rendement normal d'une façon considérable, car les deux voies de la ligne pourraient alors être consacrées exclusivement aux trains d'aller ; la troisième voie étant réservée au retour du matériel vide.

Enfin, si une ligne DD' (fig. 170) à dou-

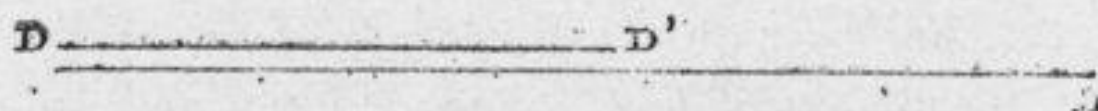


Fig. 170.

ble voie se termine par une certaine longueur D'L à simple voie, le nombre de jours dont cette modification augmentera la durée du transport, sera égal au nombre d'étapes compris entre D' et L.

211. Limites d'emploi des chemins de fer. — L'embarquement et le débarquement des troupes et du matériel exigeant un certain temps, enfin, lorsque la troupe est considérable, elle ne peut être embarquée toute à la fois, et nous avons vu que pour un corps d'armée, le dernier train n'est mis en mouvement qu'au bout de trois jours ; il en résulte que, si le trajet à parcourir n'avait été que de trois journées de marche, il eût été préférable de faire la route par les voies ordinaires et par étapes.

On a déterminé une formule permettant de trouver rapidement dans chaque cas particulier, quelle est la limite d'emploi des chemins de fer, et par suite, s'il y a avantage ou non à les employer.

En effet, soit n le nombre total de trains nécessaires au transport de l'effectif, et n' le rendement de la voie, c'est-à-dire le nombre de trains qu'on peut lancer en 24 heures ; f le nombre de jours nécessaires pour embarquer l'effectif, on aura $n = fn'$.

Nous appellerons D la distance totale à franchir, exprimée en kilomètres ; nous admettrons que la moyenne des étapes par voie de terre est de 25 kilomètres ; il en résulte que le nombre des étapes, que nous désignerons par m sera égal à $\frac{D}{25}$.

Nous admettrons de même que la vitesse des chemins de fer est de 26 kilomètres à l'heure ; il en résulte que le nombre d'heures, que nous désignerons par c , nécessaires pour franchir la distance D est égale à $\frac{D}{26}$.

La durée totale du voyage en chemin de fer sera donc de $f + c$; nous avons vu plus haut que la durée totale des voyages à pied sera de m jours ; il n'y a donc qu'à comparer ces deux quantités pour savoir quel est le mode de locomotion le plus avantageux. Trois hypothèses sont possibles :

1° $m > f + c$, dans ce cas il y a avantage à voyager en chemin de fer.

2° $m = f + c$; dans ce cas la durée du voyage sera la même dans les deux modes de locomotion il y aura par conséquent avantage à voyager par étapes.

3° $m < f + c$; dans ce cas il y a avantage à voyager par étapes.

En donnant à D (distance à franchir) successivement toutes les valeurs, on voit que pour un corps d'armée il n'y a pas avantage à se servir d'un chemin de fer à simple voie si D est plus petit que 150 kilo-

mètres, ni d'un chemin de fer à double voie, si D est plus petit que 90 kilomètres.

Ces limites devraient être doublées si la ligne considérée devait servir à la concentration de deux corps d'armée.

Pour accélérer un grand transport de troupes, il ne suffit pas d'accélérer la vitesse de marche ; car on n'influe ainsi que sur l'arrivée du premier train, qui est avancé de quelques heures, et les autres se succèdent à des intervalles réguliers et fixes. Le seul moyen d'accélérer le transport, c'est de réduire l'intervalle entre deux trains consécutifs.

212. Conséquences. — Il en résulte :

1° Qu'une ligne à double voie, même d'un trajet beaucoup plus long qu'une ligne à simple voie, sera toujours beaucoup plus avantageuse à suivre ;

2° Que les sinuosités des lignes de concentration n'ont qu'une importance secondaire ;

3° Que si plusieurs corps d'armée doivent employer la même ligne de concentration, leur mouvement ne doit pas s'exécuter successivement pour chacun d'eux, mais simultanément, de façon à pouvoir intercaler les trains des corps les plus rapprochés parmi ceux des corps les plus éloignés de la frontière. De la sorte, on n'a qu'à tenir compte de la longueur du trajet du corps le plus rapproché, et de plus par l'intercalation des trains à court et à long trajet, on diminue les chances de retard et d'accident.

§ II. — TRANSPORTS

213. Transports militaires. — Les considérations qui précèdent ont permis de se faire une idée d'ensemble de l'importance des chemins de fer en temps de guerre, et des conditions générales à résoudre pour effectuer les transports de mobilisation et de concentration avec la plus grande célérité possible.

Nous allons indiquer quelles sont les règles tracées et quelles sont les mesures prises pour effectuer ces transports dans les meilleures conditions possibles, d'après le règlement général du 1^{er} juillet 1874, modifié par décret du 29 octobre 1884.

L'organe supérieur des mouvements militaires par voies ferrées est la Com-

mission militaire supérieure des chemins de fer, créée par décret du 14 novembre 1872. Elle est à la fois le conseil du ministre et son intermédiaire avec les grandes compagnies.

214. La *Commission militaire supérieure des chemins de fer* est chargée d'exercer une surveillance constante sur les transports et de préparer les mesures les plus propres à assurer l'emploi pratique et complet de toutes les ressources que présentent les voies ferrées, au point de vue de la défense du pays.

Cette Commission se compose de :

Un général de division, président ;

Un général de brigade, vice-président ;

Un ingénieur en chef des mines ;

Un inspecteur général des ponts et chaussées ;

Le chef de la division d'Exploitation des chemins de fer au ministère des travaux publics ;

Deux directeurs de Compagnies ;

Un colonel d'état-major ;

Un colonel du génie ;

Un sous-intendant militaire ;

Un officier supérieur de la marine ;

Un chef d'escadron d'artillerie ;

Un officier supérieur d'état-major, secrétaire.

Ce qu'il y a de remarquable dans la composition de cette Commission, c'est l'association de l'élément militaire, qui prévoit les besoins et ordonne, et de l'élément technique, qui prévoit et résout les difficultés d'exécution.

215. Les transports militaires par chemins de fer se divisent en deux catégories :

I. Les transports ordinaires ;

II. Les transports stratégiques.

I. — Transports ordinaires.

216. Les transports ordinaires sont ceux qui ont lieu à l'intérieur et qui peuvent être exécutés sans troubler l'exploitation commerciale des chemins de fer.

Ils comprennent, en temps de paix, les transports des militaires isolés et des détachements, ainsi que les transports de matériel, denrées et approvisionnements de toute nature appartenant à l'armée.

Il faut distinguer deux cas : 1° celui où les transports se font à l'aide des *trains ordinaires* de l'exploitation ; 2° celui où des circonstances particulières obligent à recourir à des *trains spéciaux*.

1^{er} cas. — Lorsque le personnel ou le matériel à transporter n'exigent pas ensemble un total de plus de huit wagons, on emploie les trains ordinaires, et cette opération comporte les formalités suivantes :

Un *ordre de mouvement* est donné par le ministre ou le général commandant le corps d'armée, au chef de corps ou de service, avec communication latérale à l'intendance militaire.

Le chef de corps ou de service adresse alors au chef de gare, vingt-quatre heures avant l'exécution, un *avis de transport*, sur lequel ce dernier indique le train à prendre, et qu'il retourne ensuite au premier.

Le sous-intendant chargé du service de marche, prévenu par l'intendant militaire, établit alors la *feuille de route* et des *bons de chemin de fer* à raison de un par réseau ou section de réseau traversé.

Le chef de la troupe remet au commencement de chaque réseau le bon de chemin de fer *ad hoc*, au chef de gare, qui lui remet un *billet collectif de transport* ; cette opération est renouvelée à chaque réseau.

Le transport du matériel est effectué au moyen de lettres de voitures délivrées par le sous-intendant militaire ; les formalités d'expédition et de réception à l'arrivée sont analogues à celles usitées dans le commerce.

217. 2^e cas. Trains spéciaux. — Lorsque le nombre des véhicules nécessaires pour le transport dépasse huit, ou dans le cas d'urgence, l'autorité militaire qui donne l'ordre de mouvement est obligée de requérir un train spécial.

Les trains spéciaux sont de deux sortes :

1° Les trains spéciaux dits *facultatifs militaires*, prévus par les livrets de marche des trains, et ayant, par conséquent, leurs itinéraires fixés d'avance.

2° Les trains spéciaux *extraordinaires*, dont la composition, la vitesse de marche et les heures de départ sont fixées suivant les circonstances.

Ces trains sont mis en marche par les compagnies de chemins de fer, chaque fois que l'autorité militaire en fait la demande.

Ces demandes doivent parvenir aux compagnies six heures à l'avance, si le train prévu n'emprunte que le réseau d'une seule compagnie, et vingt-quatre heures à l'avance, si ce train emprunte le réseau

de deux ou plusieurs compagnies, ou si le train doit partir d'une station autre que celles désignées sur le tableau indicatif.

Les compagnies répondent à ces demandes par l'envoi des itinéraires, et le mouvement s'exécute à l'aide des mêmes formalités que les transports par trains ordinaires.

Les règles techniques qui régissent les transports militaires sont développées dans le règlement du 1^{er} juillet 1874, articles 45 à 59 et les règles militaires spéciales à chaque arme dans les appendices I, II, III, du même règlement. — Nous en indiquerons ci-après les points principaux, car ces règles s'appliquent aussi bien aux transports ordinaires qu'aux transports stratégiques.

§ III. — MATÉRIEL EMPLOYÉ

218. Matériel à employer pour le transport des hommes. — Le matériel employé pour les transports militaires se compose des machines, voitures et wagons dont disposent les compagnies pour les transports commerciaux.

Les voitures de 1^{re} classe sont réservées aux officiers supérieurs, celles de 2^e aux officiers subalternes, et celles de 3^e classe aux sous-officiers, caporaux et soldats. Cette règle n'est pas obligatoire pour les transports stratégiques; les officiers de tout grade doivent s'embarquer dans les voitures disponibles à l'heure fixée pour le départ du train.

Les hommes armés et équipés n'occupent dans chaque compartiment que huit places pour les armes spéciales, et neuf places sur dix, pour l'infanterie; les places restantes sont destinées au rangement des effets.

Dans les mouvements de troupe importants, et notamment dans les transports stratégiques, les sous-officiers et les sol-

datés peuvent être embarqués dans des wagons à marchandises couverts, si le nombre des voitures à voyageurs est insuffisant. Les wagons sont alors aménagés comme l'indique la figure 171 (Règlement du 1^{er} janvier 1874 modifié par décret du 29 octobre 1884).

Les compagnies de chemins de fer font inscrire, sur chaque paroi longitudinale du wagon, dans un cartouche disposé à cet effet, le nombre d'hommes que ce wagon peut contenir. Ce chiffre s'applique à toutes les armes.

219. Matériel à employer pour le transport des chevaux. — Les wagons-écuries sont réservés de préférence pour les chevaux d'officiers et les chevaux difficiles; les chevaux de l'armée sont habituellement transportés dans les wagons couverts, à bestiaux et à marchandises; ils sont placés parallèlement à la voie toutes les fois que c'est possible, c'est-à-dire lorsque les wagons ont au moins 5^m,40 de longueur (*fig. 172*, même

règlement) et perpendiculairement à la voie, lorsque les wagons n'ont pas 5^m,40 de longueur (fig. 173).

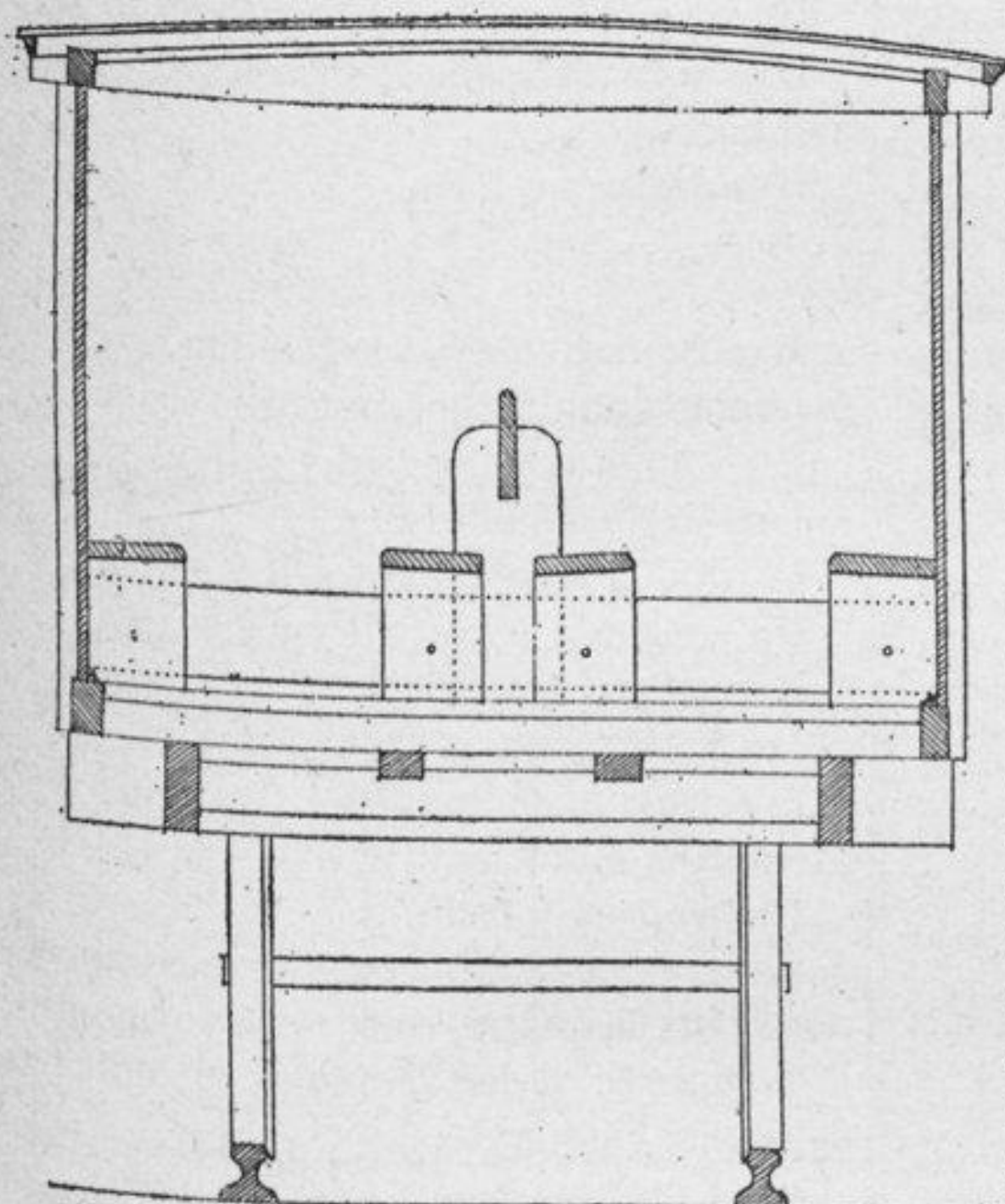


Fig. 171.

En cas d'urgence, si les wagons cou-

verts font défaut, on peut employer les wagons découverts, à hautes ridelles.

En règle générale, les chevaux voyagent dessellés ; les selles sont rangées dans les wagons où se trouvent les chevaux, sauf le cas où ces animaux sont placés dans le sens perpendiculaire à la voie ; elles sont alors rangées dans des wagons couverts.

Le nombre de chevaux qui peuvent être placés en long est inscrit dans le cartouche.

Ce nombre doit être diminué de deux unités pour les cuirassiers et les gendarmes.

220. Matériel à employer pour le transport des bagages, des voitures, etc. — Les bagages des corps sont chargés dans des fourgons ou dans des wagons couverts ; les voitures de toute espèce sont chargées sur des wagons plats. Ces derniers doivent être pourvus, par les soins des compagnies, de prolonges et de cales en bois destinées à assujettir les chargements.

Les approvisionnements sont trans-

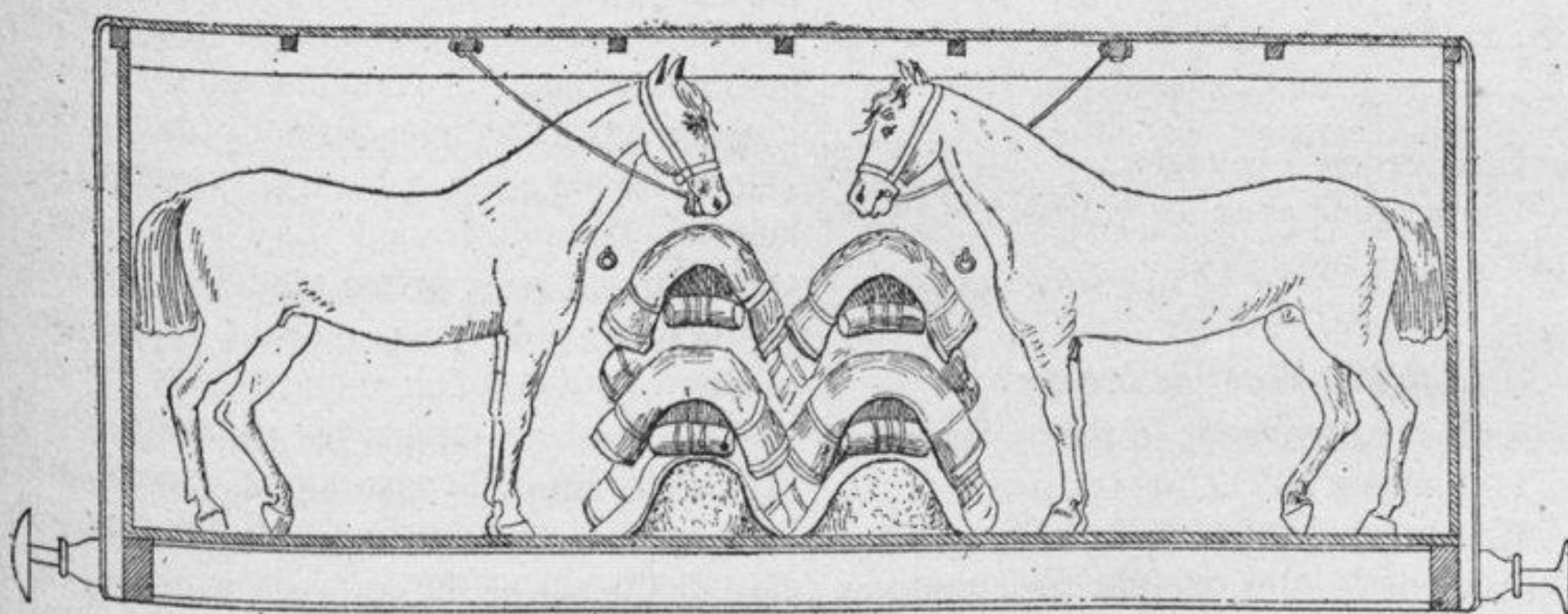


Fig. 172.

portés sur les wagons à marchandises. Les wagons découverts doivent être munis de bâches ou de prélaris pour abriter les denrées et matières qui craignent la pluie.

§ IV. — COMPOSITION DES TRAINS

221. Les véhicules composant les trains doivent être placés autant que possible dans l'ordre suivant :

1° Train d'Infanterie.

La locomotive avec le tender ;
Le fourgon du chef de train ;
Une partie des voitures de la troupe ;
La voiture des officiers ;
La seconde partie des voitures de la troupe ;

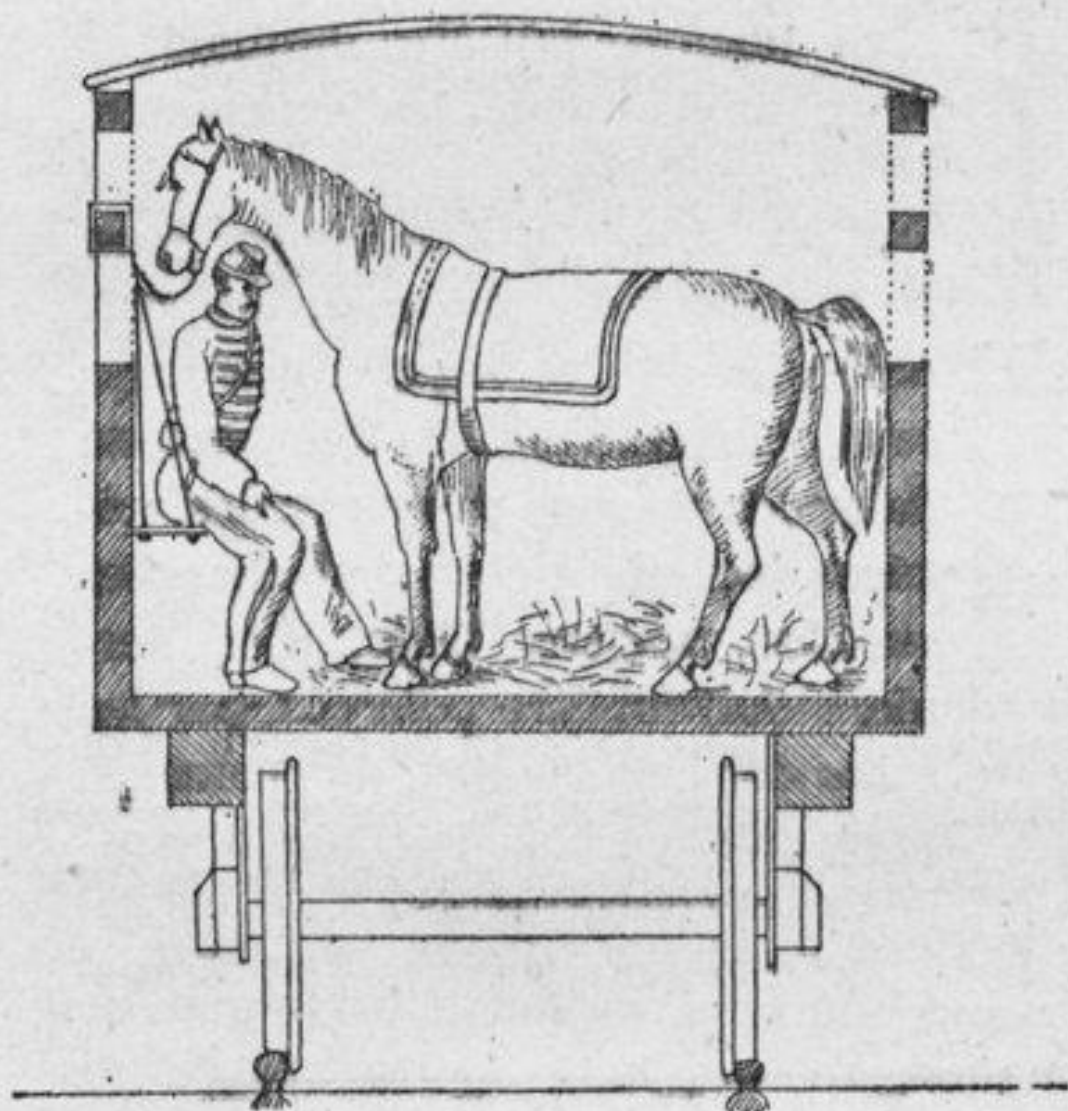


Fig. 173.

Un fourgon à bagages ;
Les wagons pour les voitures régimentaires et les chevaux ;
Une voiture à frein.

222. *Train de cavalerie.*

La locomotive avec le tender ;
Le fourgon du chef de train ;
Un wagon à selles (s'il y a lieu) ;
Une partie des wagons des chevaux ;
Un 2^e wagon à selles (s'il y a lieu).
Une partie des voitures de la troupe ;
La voiture des officiers ;
La seconde partie des voitures de la troupe.
La seconde partie des wagons à chevaux ;

Le wagon à fourrages (s'il y a lieu) ;
Un wagon à selles ;
Les wagons pour les voitures régimentaires ;
Une voiture à frein.

223. *3° Train d'artillerie.*

La locomotive avec le tender ;
Le fourgon du chef de train ;
Un wagon à selles (s'il y a lieu) ;
Les wagons à chevaux ;
Le wagon à fourrages (s'il y a lieu) ;
Un wagon à selles (s'il y a lieu) ;
La voiture des officiers ;
Les voitures de la troupe ;
Les wagons de matériel (les trois derniers sans munitions) ;
Une voiture à frein.

Lorsque les trains militaires comprennent plus de quatre voitures à voyageurs, le nombre total des véhicules ne doit pas dépasser cinquante.

224. *Précautions à observer en cas de fractionnement.* — Si le profil de la ligne ne permet pas de former un train militaire complet, pour le parcours entier, ou si le train complet au départ doit être fractionné en route pour le franchissement d'une section à pentes fortes ou pour tout autre motif, le chargement des trains partiels ou des fractions de train doit s'exécuter successivement pour éviter tout désordre, et les fractions de train ne sont rattachées l'une à l'autre qu'au moment du départ.

Chacune des fractions de train doit contenir les officiers appartenant aux compagnies, pelotons ou sections qui s'y trouvent embarqués.

225. *Formation du train.* — Lorsque la gare possède des quais d'embarquement d'une longueur suffisante, le train est formé à l'avance le long de ces quais.

Si, au contraire, le quai ne peut contenir qu'un petit nombre de voitures à la fois, les wagons y sont amenés successi-

vement et dans l'ordre adopté pour le chargement du train.

L'embarquement des hommes et des ba-

gages de main peut d'ailleurs se faire, au besoin, sur la voie de garage.

§ V. — MOYENS D'EMBARQUEMENT ET DE DÉBARQUEMENT

226. *Moyens d'embarquement et de débarquement des chevaux et des voitures.* — Lorsqu'on dispose d'un quai, on emploie pour ces opérations des ponts volants rac-

de la troupe, auxquels doivent être adjoints quelques hommes d'équipe de la gare. Le brélage des voitures se fait dans les mêmes conditions.

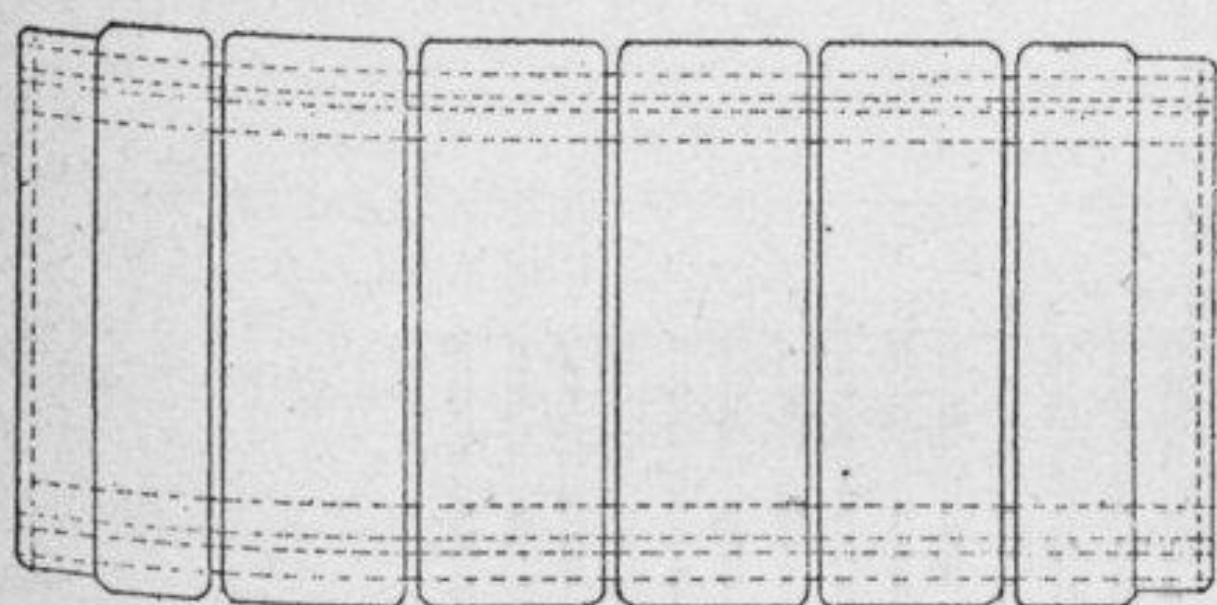


Fig. 174.

cordant par une pente douce le plancher des wagons avec le terre-plein du quai ; ces ponts volants sont du modèle adopté par le ministre de la guerre (fig. 174).

La manœuvre des wagons, l'accrochage et le décrochage sont exclusivement faits par les hommes des gares.

Quelques instants avant que l'ordre de monter en voiture soit donné à la troupe, les agents des trains abaissent les vitres des portières qui pourraient être brisées par le passage des sacs, des armes et autres objets que portent les hommes de troupe.

Quand les hommes sont montés en voiture, les agents du train ferment les portières, et la gare donne le signal du départ.

Les noms des stations dans lesquelles il doit y avoir une halte sont annoncées dis-

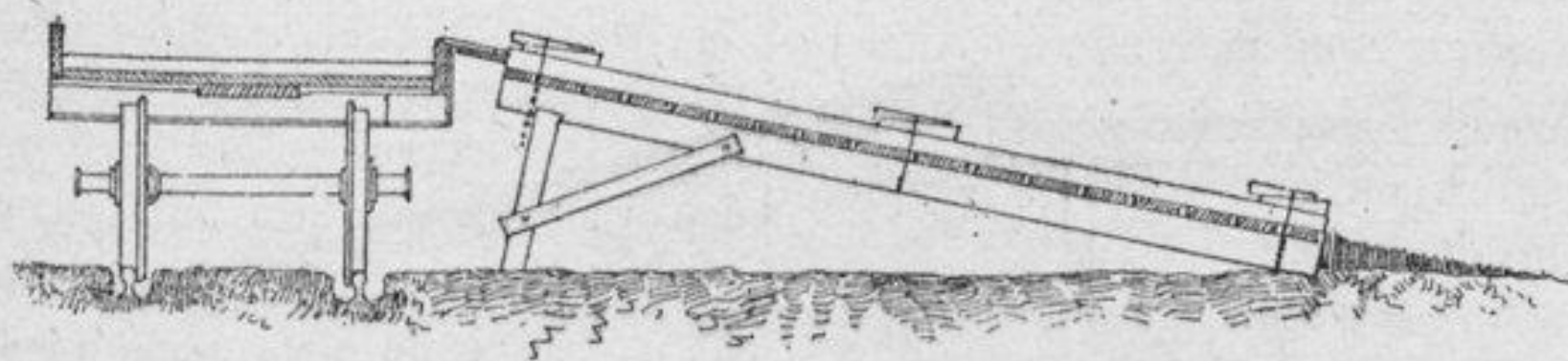


Fig. 175.

Pour l'embarquement et le débarquement en pleine voie des chevaux et du matériel, on emploie des rampes mobiles. Ces rampes mobiles sont de deux modèles : l'une en charpente (fig. 175), et l'autre est avec longrines en fer et tablier en mardriers (fig. 176).

227. *Embarquement et débarquement.*

— L'embarquement et le débarquement des chevaux, des voitures et du matériel de guerre, sont effectués par les hommes

tinctement et à haute voix par les agents du train.

A la station qui précède la gare d'arrivée, les agents du train vont de compartiment en compartiment, prévenir les hommes afin que ceux-ci puissent se préparer à l'avance.

La gare d'arrivée, prévenue à l'avance, a pris toutes les mesures nécessaires pour que le train puisse entrer immédiatement et être déchargé dans le plus court délai possible.

Le débarquement des bagages, des chevaux et du matériel, doit être effectué | rapidement, par les hommes de troupe et les agents de la gare.

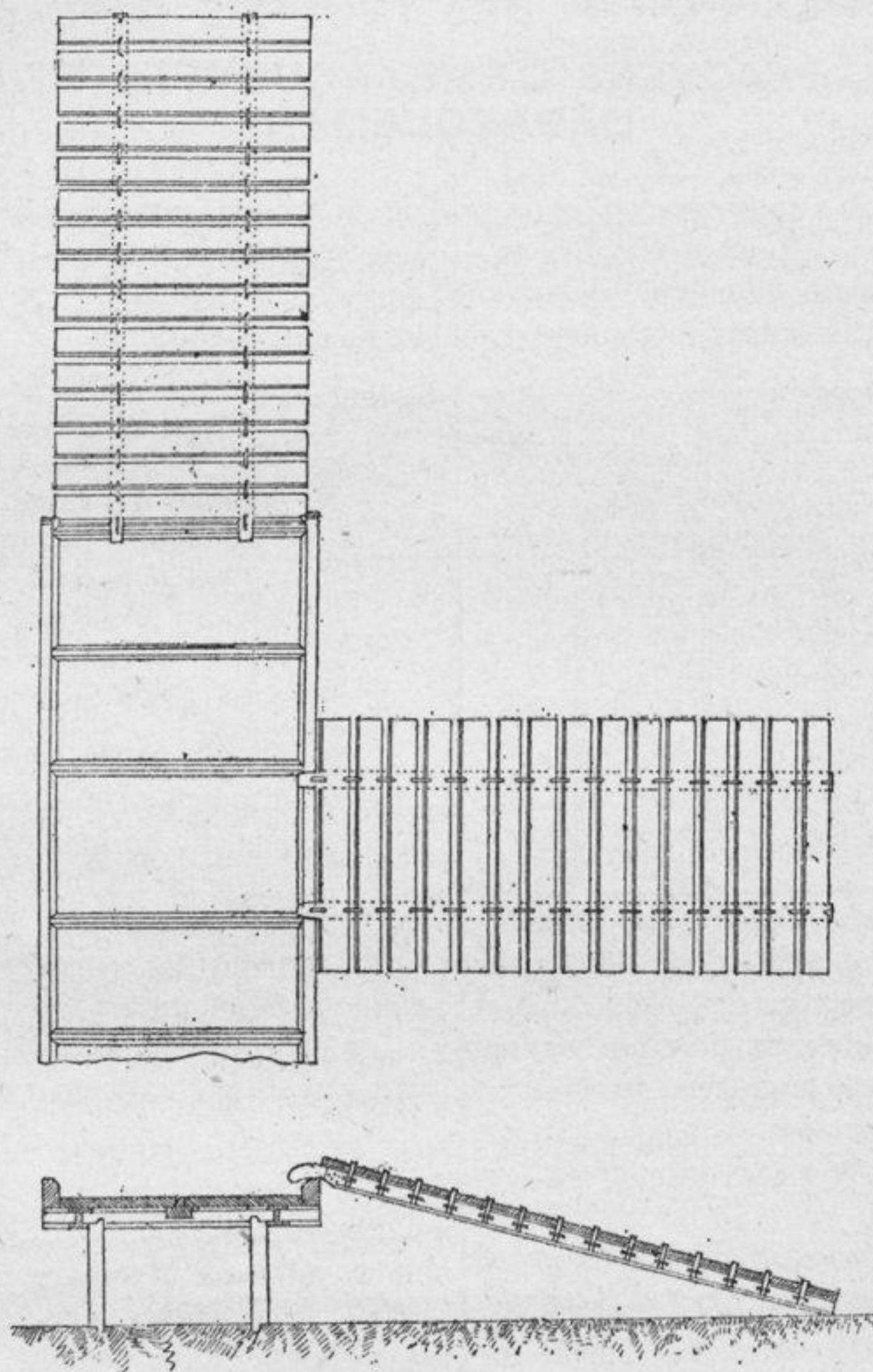


Fig. 176

L'autorité militaire et les agents du chemin de fer, ne doivent pas perdre de vue, qu'un train conservé en gare devient un obstacle pour les trains qui le suivent et qui doivent être retenus au disque jusqu'à ce que la voie de stationnement soit

dégagée. En conséquence, les trains doivent être déchargés au complet dès leur arrivée.

Ce qui vient d'être dit pour les transports ordinaires, s'applique également aux transports stratégiques.

§ VI. — TRANSPORTS DES TROUPES D'INFANTERIE

Les règles militaires relatives à l'exécution des transports des troupes d'infanterie sont les suivantes, qui s'appliquent aussi bien aux transports ordinaires qu'aux transports stratégiques

228. 1° Envoi à l'avance à la gare d'un officier préposé au chargement. — Aussitôt que le commandant de la troupe a reçu l'ordre de mouvement, accompagné de l'itinéraire, il envoie un officier à la gare de départ pour se mettre en rapport avec le chef de gare et prendre connaissance des dispositions de détail arrêtées pour l'embarquement et le voyage.

229. 2° Ordres à donner par le chef de corps. — D'après le rapport de l'officier préposé au chargement, le chef de corps ou de détachement donne des ordres pour la mise en marche de la troupe, les mesures à prendre pour assurer la subsistance de la troupe et la nourriture des chevaux, le transport des bagages à la gare, etc.

230. 3° Tenue. — Les officiers et la troupe sont en tenue de route.

Les sacs doivent être complètement paquetés et garnis de tous les effets de campement.

231. 4° Arrivée à la gare de l'officier préposé au chargement. — Le jour du départ, l'officier préposé au chargement, accompagné d'un sous-officier, du détachement des bagages et de la garde de police, précède de trois quarts d'heure la troupe à la gare.

232. 5° Reconnaissance du train. — L'officier préposé au chargement procède à la reconnaissance du train.

233. 6° Devoirs du sous-officier adjoint. — Le sous-officier-adjoint numérote au fur et à mesure, à la craie, chacun des wagons et trucs ainsi que leur contenance.

234. 7° Garde de police. Drapeau. Caisse du corps. — La garde de police avec les hommes punis placés sous sa garde, doit être placée dans le wagon qui précède ou qui suit celui des officiers.

Le drapeau est placé, soit dans le wagon du chef de corps, soit dans celui des officiers, sous la garde du porte-drapeau.

La caisse du corps est placée dans un des wagons contenant des bagages ; dans ce cas, ce wagon est plombé en présence du commandant du détachement.

235. 8° Contenance des wagons. — Dans les wagons à voyageurs, les soldats d'infanterie occupent dix places pour neuf hommes, lorsque le trajet à parcourir est de moins de 150 kilomètres, et dix places pour huit hommes, lorsque ce trajet est supérieur à 150 kilomètres.

Dans les wagons à marchandises aménagés pour le transport des hommes, le chiffre indiqué sur le cartouche est celui de la contenance réelle.

236. 9° Accessoires pour l'embarquement. — L'officier préposé au chargement doit s'assurer que les accessoires (ponts volants, rampes mobiles, cales) sont en nombre suffisant et en bon état.

237. 10° Embarquement des bagages et des chevaux. — Les bagages, les chevaux et les voitures régimentaires sont chargés par les hommes du détachement spécial, et par les soins du vaguemestre.

238. 11° Arrivée à la gare. — La troupe doit arriver au point désigné pour l'embarquement trois quarts d'heures avant le départ.

239. 12° Formation et fractionnement de la troupe. — En arrivant à la gare, le commandant forme sa troupe en ligne et fait entrer dans le rang les sous-officiers, les cantinières et les enfants de troupe.

L'adjudant-major divise aussitôt la troupe en fractions correspondant à la contenance des wagons, sans distinction de compagnie. Dans chaque fraction un sous-officier est désigné comme chef de wagon.

240. 13° Embarquement de la troupe. — Le fractionnement terminé, le commandant met sa troupe en marche par le flanc, chaque fraction marchant à deux pas de celle qui la précède.

Chaque fraction est arrêtée par son chef devant le wagon qu'elle doit occuper, et y fait face sans dédoubler.

Au signal : *Garde à vous, en avant*, donné par le clairon, les hommes ôtent leurs sacs, en maintenant leurs fusils dans la saignée du bras, les tambours et les musiciens vont déposer les caisses et les gros instruments dans les voitures à bagages placées en tête du train.

L'embarquement commence aussitôt.

Deux hommes montent d'abord dans chaque compartiment, tenant à la main leur sac et leur fusil.

Les autres ne suivent qu'après avoir successivement passé leurs sacs aux deux premiers, qui les rangent, partie sous les banquettes, partie sur les places réservées à cet effet.

241. 14° Devoirs des officiers pendant l'embarquement. — Les officiers font compléter les wagons à leur contenance réglementaire et veillent au chargement des sacs et à la discipline.

L'embarquement terminé, le sous-officier adjoint à l'officier préposé au chargement écrit à la craie, sur les wagons, à côté du numéro d'ordre, l'indication de la compagnie.

Toutes les inscriptions sont reproduites de l'autre côté des véhicules ; elles servent à faire retrouver les places aux stations où les hommes peuvent descendre.

242. 15° Mesures de sécurité. — La troupe étant embarquée, il est rigoureusement interdit :

De passer la tête ou les bras hors des portières pendant la marche ;

D'ouvrir les portières ;

De passer d'une voiture dans une autre ;

De pousser des cris ;

De descendre de voiture aux stations avant la sonnerie ;

De fumer dans les wagons à chevaux.

243. 16° Haltes et stations. — Dans les courts arrêts, compris entre 5 et 10 minutes, l'officier commandant la garde de police parcourt rapidement le train pour s'assurer que tout est en ordre ; il peut autoriser quelques hommes pressés de besoins urgents à descendre.

Dans les haltes de 10 à 15 minutes, où tous les hommes peuvent descendre de wagon, les officiers se portent aussitôt à hauteur des wagons où sont embarqués leurs hommes.

La garde de police descend et l'officier qui la commande fait placer des factionnaires partout où cela est nécessaire.

Les hommes ne descendent de wagon qu'à la sonnerie : *Halte*, et remontent 3 minutes avant le départ, à la sonnerie : *En avant*.

244. 17° Arrivée à destination. — A l'arrivée à la gare de destination, le commandant de la troupe fait placer, par l'officier commandant la garde de police, les sentinelles nécessaires pour maintenir l'ordre.

L'officier préposé au chargement s'assure si la gare est pourvue des engins et du personnel nécessaires pour le débarquement des chevaux, des voitures et du matériel ; il en rend compte au commandant de la troupe, qui fournit les auxiliaires nécessaires.

245. 18° Débarquement. — A la sonnerie : *Garde à vous*, suivie de la *marche du régiment*, les hommes descendent des wagons avec leurs fusils ; les sacs leur sont passés par les deux derniers hommes restant dans chaque compartiment.

Les tambours et les musiciens vont reprendre leurs caisses et leurs gros instruments.

La troupe, après avoir remis sac au dos.

se reforme en fraction devant chaque wagon comme pour l'embarquement.

Le commandant l'emmène immédiatement et la reforme par compagnie dès qu'elle est hors de gare.

246. 19° *Déchargement des bagages.* — Le vaguemestre assisté d'une partie de la garde de police et des corvées nécessaires,

fait décharger les bagages et les fait conduire au quartier.

247. *Changements de trains.* — Dans le cas où il y a lieu de changer de train, pendant le trajet, le commandant fait faire le débarquement et le rembarquement d'après les procédés qui viennent d'être décrits.

§ VII. — TRANSPORTS DES TROUPES DU GÉNIE

248. Les troupes du génie se conforment aux règles militaires relatives au transport des troupes d'infanterie, mais avec les différences ci-après :

Contenance des wagons. — Il est accordé aux troupes du génie, dans les wagons à voyageurs, dix places pour huit hommes, et dans les wagons à marchandises aménagés pour le transport des troupes, le chiffre indiqué sur le cartouche, sans réduction.

249. *Fractionnement de la troupe.* — Pour l'embarquement, la troupe est fractionnée par groupe de huit hommes, chaque groupe ne comprenant pas plus de deux hommes porteurs de sacs à manches de pelles.

250. *Sapeurs-conducteurs.* — Pour les sapeurs-conducteurs et leurs voitures, on observe les prescriptions relatives au matériel de l'artillerie. (Voir plus loin.)

251. *Compagnie détachée.* — Pour une compagnie voyageant seule, un sous-officier peut remplacer l'officier préposé au chargement.

252. *Chargement des parcs de compagnie.* — Les voitures de section composant le parc de la compagnie sont chargées de la manière suivante, au cas où les trucs atteignent les dimensions de 5^m,30 de long et 2^m,83 de large, ce qui permet d'y placer deux voitures, savoir :

1° Engager la première voiture, l'avant-train en arrière, les roues touchant le bord intérieur du truc à droite ; la pousser au bout de la plate-forme, tourner l'avant-train enlever le timon.

2° Engager la seconde voiture, l'avant-train en avant, après avoir enlevé le timon, les roues près du bord de gauche, jusqu'à ce que la roue de droite touche celle de la première voiture ; faire pivoter l'avant-train, la roue de gauche en avant, l'essieu dirigé suivant l'axe de la caisse.

3° Amarrer les deux avant-trains l'un à l'autre et les deux arrière-trains aux anneaux de la plate-forme, amarrer les deux timons.

§ VIII. — TRANSPORTS DE CAVALERIE

253. *Prescriptions.* 1° *Envoi à l'avance à la gare de départ, d'un officier préposé pour le chargement.*

2° *Ordres à donner par le chef de corps.*

3° *Tenue.*

Comme il a été dit aux numéros 228, 229 et 240 pour les transports d'infanterie.

254. 4° Paille pour la litière et pour le chargement des selles. — Le corps doit se pourvoir à l'avance de la paille nécessaire : 1° pour garnir de litière chaque wagon à chevaux, à raison de 2^k,500 par cheval; 2° pour faire des bottillons de paille, à raison d'un pour quatre selles lorsqu'elles restent dans les wagons à chevaux, et à raison d'un pour cinq selles lorsque ces dernières restent dans des wagons spéciaux.

255. 5° Nourriture des chevaux. — Le dernier repas des chevaux doit avoir lieu deux heures au moins avant l'embarquement. On les fait boire après ce repas.

La nourriture des chevaux, pendant la route, se compose, par 24 heures, de 5 kilogrammes de foin et de 2 kilogrammes d'avoine.

Il est emporté du foin et de l'avoine en quantité variable suivant la durée du trajet, et pour deux jours au plus. Après le deuxième jour, les distributions sont assurées par les soins de l'administration militaire.

256. 6° Étiquettes. — Les selles sont munies d'une étiquette en toile portant le nom et le numéro matricule du cavalier.

7° Arrivée à la gare de l'officier préposé au chargement. (Comme il a été dit au n° 231 pour l'infanterie).

8° Reconnaissance du train. (Comme il a été dit au n° 232 pour l'infanterie.)

9° Devoirs du sous-officier adjoint. (Comme il a été dit au n° 233 pour l'infanterie.)

10° Garde de police, étendard, caisse du corps. (Comme il a été dit au n° 234 pour l'infanterie).

257. 11° Contenance des wagons. — Dans les wagons à voyageurs, il est accordé dix places pour neuf hommes à la cavalerie de ligne et à la cavalerie légère, et dix places pour huit hommes à la gendarmerie et aux cuirassiers.

Toutefois dans les trajets supérieurs à 150 kilomètres, il est également accordé

aux deux premières armes dix places pour huit hommes.

Pour le transport des chevaux dans le sens parallèle à la voie, on place dans chaque wagon six chevaux de cuirassiers ou de gendarmes, et huit chevaux de cavalerie de ligne, de cavalerie légère ou de trait.

Lorsque les wagons ne portent pas l'indication du nombre de chevaux qu'ils peuvent renfermer, l'embarquement se fait dans le sens perpendiculaire à la voie, et l'on calcule la contenance d'après les données moyennes qui suivent :

Un cheval de cavalerie légère occupe en largeur environ 0^m, 60;

Un cheval de cavalerie de ligne ou de réserve, 0^m, 65.

12° Accessoires pour l'embarquement. (Comme il a été dit au n° 235 pour l'infanterie.)

13° Embarquement des bagages (comme il a été dit au n° 236 pour l'infanterie).

258. 14° Arrivée de la troupe à la gare. — La troupe arrive au point désigné pour l'embarquement une heure et demie avant le départ.

259. 15° Formation et fractionnement de la troupe. — La troupe pénètre sur le quai d'embarquement en colonne par un ; le commandant du détachement la forme ensuite en bataille sur un rang, chaque cavalier du second rang se plaçant à gauche de son chef de file. Les sous-officiers et les trompettes entrent dans le rang.

Le commandant divise ensuite les chevaux en fractions correspondant à la contenance des wagons et désigne au fur et à mesure un sous-officier ou un brigadier pour diriger l'embarquement de chaque fraction.

Il indique en même temps, s'il y a lieu, aux chefs de peloton les wagons où doivent être déposées les selles.

Les officiers font placer leurs chevaux à leur convenance, parmi ceux de leurs pelotons respectifs, ou bien les réunissent

en fractions séparées pour être embarqués dans un wagon spécial.

Le fractionnement terminé, le commandant fait mettre pied à terre et former les fusils et sabres en faisceaux ; les casques et les cuirasses sont déposés à côté. Il donne ensuite l'ordre de desseller.

Les deux cavaliers d'une même file s'entraident pour cette opération, chacun tenant à son tour les deux chevaux pendant que l'autre desselle. Les chevaux restent bridés.

260. 16° Chargement des wagons à selles.

— Lorsque les chevaux doivent être transportés dans le sens perpendiculaire à la voie, le commandant envoie dans chaque wagon à selles un sous-officier et quatre hommes à pied pour ranger les selles qui sont apportées successivement par les cavaliers.

Le sous-officier fait disposer onze bottillons dans le wagon, perpendiculairement aux grands côtés, six le long de la paroi opposée à la porte, et cinq le long de l'autre paroi ; un douzième bottillon est réservé pour compléter le chargement.

Les piles se montent toutes ensemble, par rangs horizontaux, la première selle de chaque pile étant posée d'aplomb sur un bottillon, le porte-manteau contre la paroi longitudinale du wagon et les fontes vers le milieu.

Les porte-manteaux des hommes à pied, ainsi que les sacs d'avoine, sont placés au milieu du wagon.

261. 17° Embarquement des chevaux.

— 1° Dans le sens parallèle à la voie.

Dès que les selles sont déposées à terre, les officiers reconnaissent les wagons assignés aux chevaux de leurs pelotons.

Ils y font répandre la litière, en ayant soin qu'elle s'étende sur le pont qui réunit le wagon au quai.

Il faut qu'il y ait toujours un homme de chaque côté des ponts volants pour empêcher les chevaux de se traverser.

Au signal de l'embarquement, le premier cavalier de droite de chaque fraction

se porte en avant vers l'entrée du wagon et range le cheval contre la paroi longitudinale du côté de l'entrée, la tête tournée vers le milieu du wagon. Les autres le suivent gardant une distance de 3 mètres, de tête à croupe, et viennent appuyer leurs chevaux contre ceux qui sont déjà placés.

Dès qu'un rang de chevaux est complet, deux cavaliers tendent la corde-poitrail et attachent leurs chevaux par la longe, le plus court possible, aux anneaux du plafond, puis ils sortent du wagon et vont chercher leurs selles.

On procède de la même façon pour le rang opposé.

Les selles formant deux piles sont ensuite placées sur les bottillons disposés dans l'intervalle libre du milieu du wagon, ainsi que les deux bottes de foin prescrites par wagon.

Les deux gardes d'écurie remettent leurs armes et leurs coiffures à leurs camarades de lit ; ils ne débrident les chevaux que lorsqu'ils sont calmés et que le train est en marche.

2° Perpendiculairement à la voie.

Au signal de l'embarquement, le premier cavalier pénètre dans le wagon, comme il est dit ci-dessus, tourne à droite et range sa monture contre le petit côté du wagon, la tête opposée à la porte.

Le second cavalier entre de la même manière, tourne à gauche, et range son cheval à l'extrémité opposée.

Les autres suivent le même ordre, de manière que le troisième fait appuyer son cheval contre celui du premier, le quatrième contre celui du second et ainsi de suite.

Les chevaux sont attachés et débridés au fur et à mesure ; on ne fait entrer les deux derniers que lorsque tous les autres sont attachés et que tous les hommes sont sortis du wagon. On place alors la barre de fermeture, puis on retire le pont et on ferme la porte.

Les deux derniers cavaliers entrés dans

le wagon y restent comme gardes d'écurie; ils se placent entre les chevaux, du côté de la tête et rabattent les strapontins pour s'asseoir.

Leurs armes, leurs brides et leurs coiffures sont confiées à leurs camarades de lit.

On place une botte de foin sous chaque strapontin.

262. 18° Embarquement des hommes. — Il se fait d'une manière analogue à ce qui a été dit numéro 240 pour l'infanterie. Les brides que les hommes tiennent à la main sont placées sous les banquettes.

En ce qui concerne les cuirassiers, un cavalier monte d'abord dans chaque compartiment et reçoit des autres les cuirasses qu'il range sous les banquettes par pile de deux paires dans chacun des quatre coins du compartiment. Les autres s'embarquent ensuite en tenant leur casque et leur bride à la main.

19° Devoirs des officiers pendant l'embarquement. (Comme il a été dit au n° 241 pour l'infanterie.)

20° Mesures de sécurité. (Comme il a été dit au n° 242 pour l'infanterie.)

21° Haltes et stations. (Comme il a été dit au n° 243 pour l'infanterie.)

22° Devoirs des gardes d'écuries. — Ils doivent calmer et soutenir les chevaux, les faire manger en leur donnant le foin à la main. Les bottes de foin sont remplacées pendant les haltes au fur et à mesure de la consommation, par les soins des officiers de peloton.

Dans les gares désignées pour le repas des chevaux, on distribue l'avoine dans les musettes. Pour abreuver les chevaux, des cavaliers remplissent les seaux et les passent aux gardes d'écurie par les fenêtres des wagons.

En cas d'accident, les gardes d'écurie se portent aux fenêtres et avertissent par leurs cris et en agitant leur mouchoir.

Ils sont relevés toutes les trois heures. Pour effectuer ce relèvement, on a soin de n'entr'ouvrir la porte que juste pour le passage d'un homme.

23° Arrivée à destination. (Comme il a été dit n° 244 pour l'infanterie.)

263. 24° Débarquement des hommes. — A l'arrivée, et à la sonnerie d'un demi-appel, les cavaliers sortent sans précipitation des voitures avec leurs armes et leurs brides. Ils sont immédiatement conduits par les officiers et sous-officiers de leur peloton en face des wagons où sont les chevaux.

Les cavaliers mettent leurs armes en faisceaux et se forment en bataille. Les cuirassiers laissent dans les voitures leurs casques et leurs cuirasses.

Les employés du chemin de fer disposent les ponts-volants, et deux hommes sont placés de chaque côté comme pour l'embarquement.

264. 25° Débarquement des chevaux. — Au signal donné, les cavaliers se portent aux wagons à chevaux.

Lorsque les chevaux sont placés dans le sens de la voie, les cavaliers enlèvent leurs selles et vont les placer en avant de l'emplacement où la troupe doit venir se former.

Chacun bride son cheval.

On fait sortir ensuite les chevaux de chaque rang, après avoir retiré successivement les cordes-poitrails. Les chevaux sont aussitôt sellés.

Lorsque les chevaux sont placés transversalement, on passe les brides des deux chevaux du milieu aux gardes d'écurie.

Les chevaux bridés, on ouvre la porte. Les deux chevaux, s'ils ont la tête tournée du côté opposé au quai, sortent successivement en reculant et sont immédiatement enlevés par leurs cavaliers sur la ligne de bataille.

Les autres cavaliers entrent alors dans les wagons, brident leurs chevaux et les font sortir par un demi-tour à droite ou à gauche.

265. 26° Débarquement des selles. Formation et départ de la troupe. — Lorsque le transport a eu lieu dans le sens perpendiculaire, la troupe est reformée sur

un rang, et l'on procède au débarquement des selles.

Les sous-officiers et les cavaliers qui ont été employés au chargement des selles se portent aux wagons où elles se trouvent.

Au signal du commandant, les cavaliers du premier rang viennent chercher leurs selles; ceux du deuxième rang tiennent les deux chevaux.

Quand les chevaux du premier rang

sont sellés, les cavaliers du deuxième rang vont à leur tour chercher leurs selles.

Quand tous les chevaux sont sellés, le commandant ordonne aux hommes de reprendre leurs armes, leurs casques et leurs cuirasses; il fait monter à cheval, reforme sa troupe et l'emmène.

27^e *Déchargement des bagages.* (Comme il a été dit pour l'infanterie au n° 246.)

§ IX. — TRANSPORTS DE L'ARTILLERIE

266. Les règles à suivre pour les transports des troupes et des chevaux de l'artillerie sont les mêmes que celles qui viennent d'être indiquées pour la cavalerie. Nous nous bornerons donc à énoncer celles qui sont spéciales au chargement du matériel et au fractionnement de la troupe.

267. *Arrivée en gare.* — La troupe arrive au point désigné pour l'embarquement deux heures avant le départ.

268. *Formation de la troupe.* — Le détachement est arrêté, soit dans la gare, soit à proximité, et formé selon les dispositions des lieux, de manière à éviter tout encombrement.

Le commandant, d'après les renseignements qu'il a reçus de l'officier chargé de la reconnaissance, détermine immédiatement le chargement de chaque truc et désigne les officiers qui devront diriger l'embarquement des voitures.

Dans tout train d'artillerie, les trois derniers trucs doivent toujours être chargés de voitures sans munitions, pour éviter qu'en cas de rebroussement, il y ait des voitures chargées de munitions dans le voisinage de la machine.

Les chevaux du devant et du milieu sont dételés et réunis avec les chevaux de selle sur le quai d'embarquement.

Les voitures sont amenées par les che-

vaux de derrière dans l'ordre indiqué par le commandant, et rangées sur le quai, à hauteur des trucs qui doivent les recevoir.

Les chevaux de derrière sont ensuite dételés et conduits à leur place dans le rang.

Les accessoires nécessaires au chargement des voitures sont déposés à proximité des trucs.

Les canonniers désignés pour être employés au chargement du matériel sont réunis auprès des trucs et déposent leurs sacs et leurs armes.

269. *Matériel employé.* — Les trucs ou wagons plats destinés au transport du matériel de l'artillerie ont des dimensions et des formes différentes.

Les longueurs intérieures varient de 6^m,40 à 4^m,30.

Les largeurs intérieures varient de 2^m,90 à 2 mètres.

En outre, les uns ont le plancher uni, les autres un plancher garni, dans le sens de la largeur, de traverses saillantes.

Quelques-uns n'ont pas de rebords; la plupart sont munis de rebords ne se rabattant pas; parfois, cependant, ces rebords se rabattent sur eux et même sur quatre côtés.

Pour charger deux voitures complètes

de campagne de 90, à l'exception du chariot de batterie, avec lequel on ne peut placer qu'une demi-voiture, il faut un truc à fond plat d'une longueur au moins égale à 5^m,80 ou 5^m,40, suivant que les rebords des petits côtés sont fixes ou qu'ils se rabattent.

On ne peut embarquer qu'une voiture et demie de 90, ou un chariot de batterie sur tous les trucs dont le plancher est garni de traverses saillantes, et sur les trucs à fond plat d'une longueur comprise entre 4^m,50 et 5^m,80, ou 5^m,40 avec les petits côtés se rabattant.

Tous les trucs d'une longueur au moins égale à 5^m,40 peuvent recevoir deux voitures complètes de 80 ou seulement un chariot de batterie et une demi-voiture.

Au dessous de 5^m,40 jusqu'à 4^m,50, les trucs peuvent recevoir une voiture et demie de 80 ou un chariot de batterie.

Au dessous de 4^m,30, les trucs ne peuvent recevoir qu'une seule voiture.

270. Embarquement du matériel. —

Les deux trains de chaque voiture sont séparés et montés sur les trucs par les canonnières avec l'aide des hommes d'équipe.

271. Chargement par le petit côté. — Quand la gare possède des voies de chargement aboutissant à un quai perpendiculaire à ces voies, ou quand le quai parallèle à la voie principale est interrompu par une demi-lune à laquelle aboutit un tronçon de voie relié à la précédente par une plaque tournante, on peut charger les trucs par le petit côté.

Ces trucs sont amenés successivement à quai par les hommes d'équipe, chargés par les canonnières, puis ramenés au moyen de la plaque sur la voie où se forme le train.

On relie le truc au quai par deux ponts volants, et le chargement s'opère de la manière suivante :

272. Truc pour deux voitures. — Engager un arrière-train, la flèche en arrière jusqu'au bout du truc; poser la

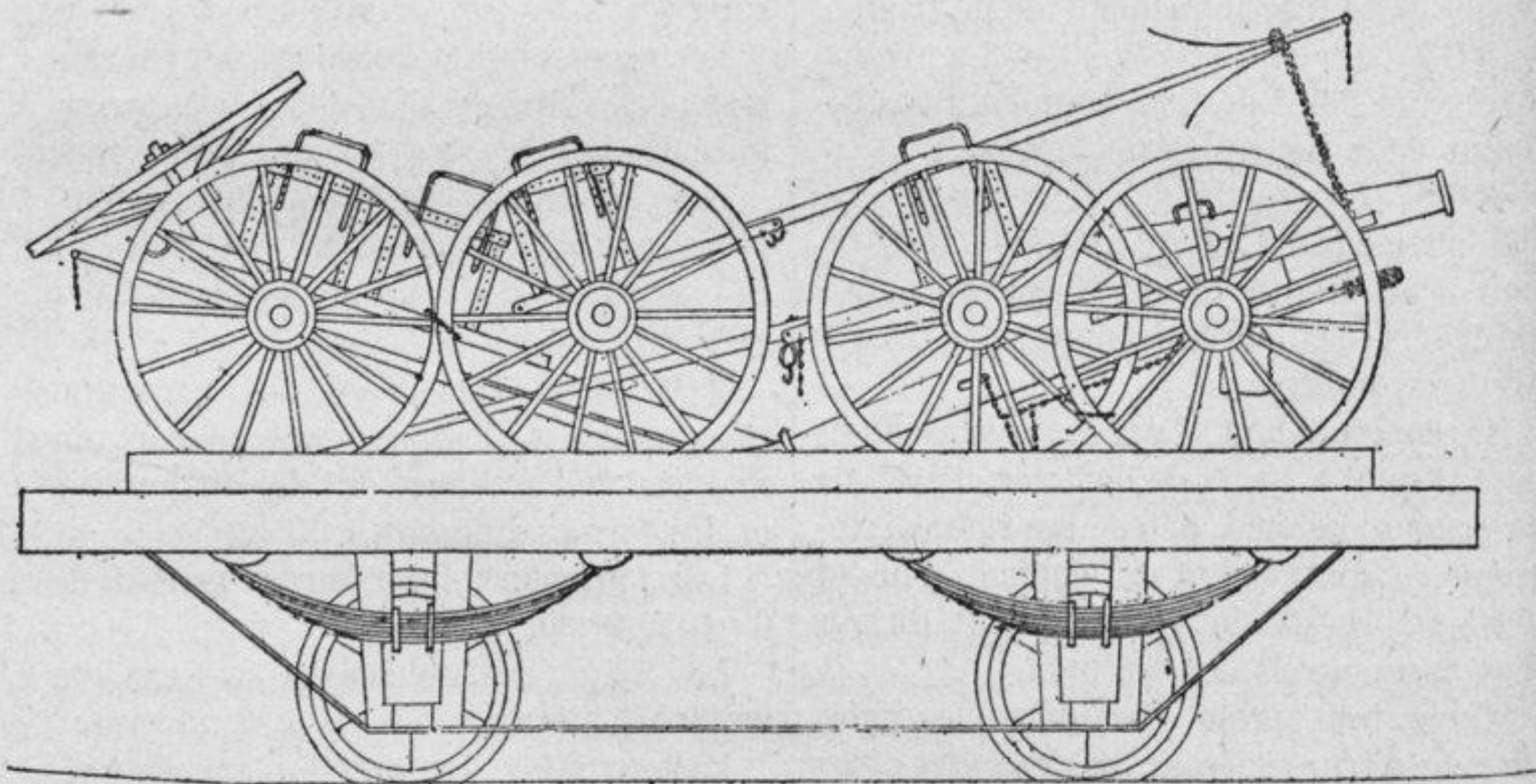


Fig. 177.

flèche sur le plancher. Introduire l'avant-train, le timon en arrière et abaissé; engager le plus possible les roues dans celles de l'arrière-train. Introduire un deuxième arrière-train, le timon en avant et reposant sur le premier avant-train ;

enfin, le deuxième arrière-train, la flèche en avant et posée sur le plancher (fig. 177 et 178. Règlement du 1^{er} juillet 1874, modifié par décret du 29 octobre 1884.)

273. Truc pour une voiture et demie. — Engager l'arrière-train, la flèche en ar-

rière, jusqu'au bout du truc ; poser la flèche sur le plancher ; engager l'avant-train, le timon en avant et élevé jusqu'à ce que les roues touchent celles de l'arrière-train déjà placé. Engager un deuxième arrière-train, la

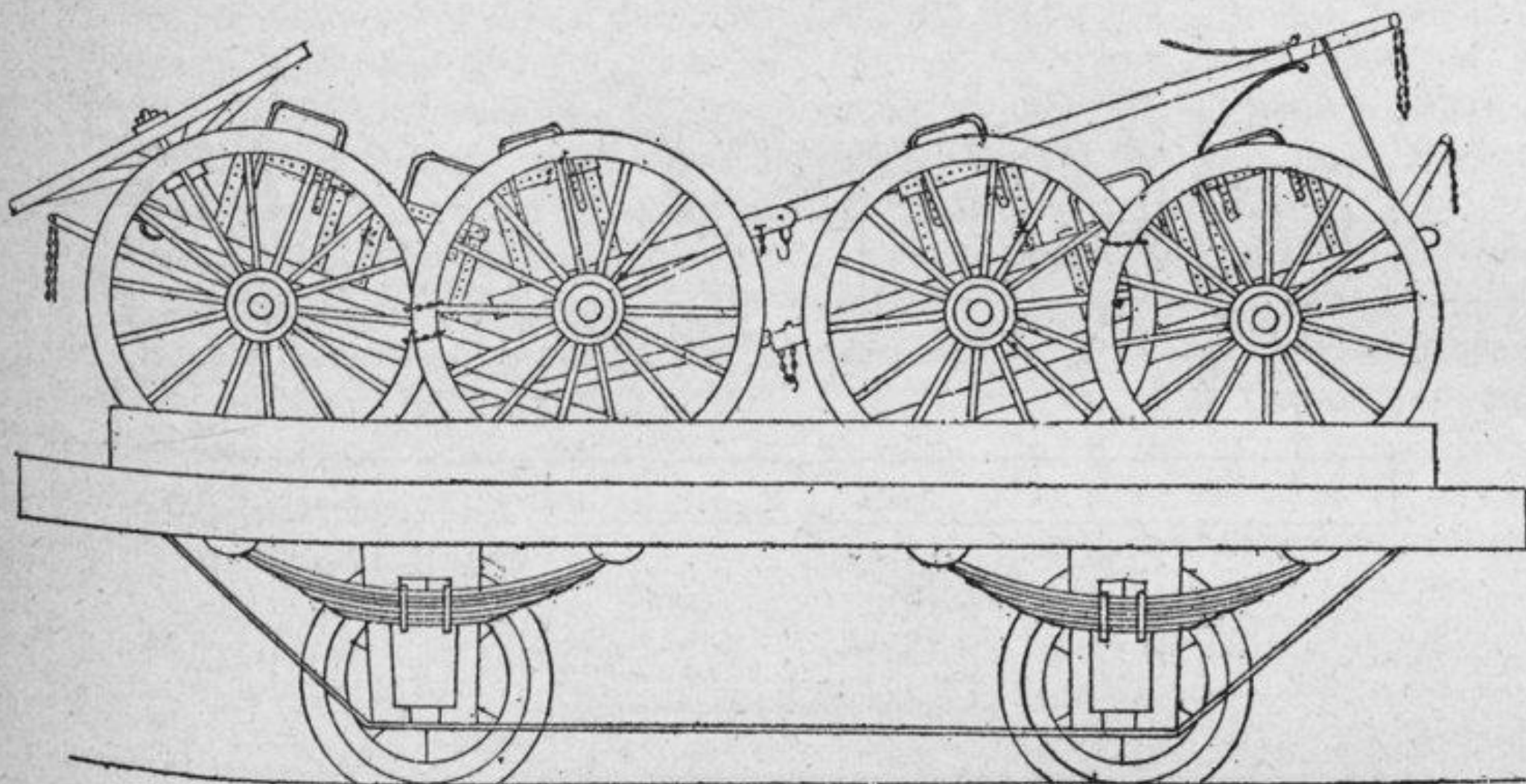


Fig. 178.

flèche en avant et posée sur le plancher, ou bien un deuxième avant-train, le timon en avant et posé sur le plancher, sous les voitures déjà placées (fig. 179 et 180).

274. Chargement par les grands côtés. — Les trucs étant disposés sur la voie parallèle au quai de chargement, on relie entre eux deux trucs voisins, soit en rabattant, s'il est possible, leurs deux

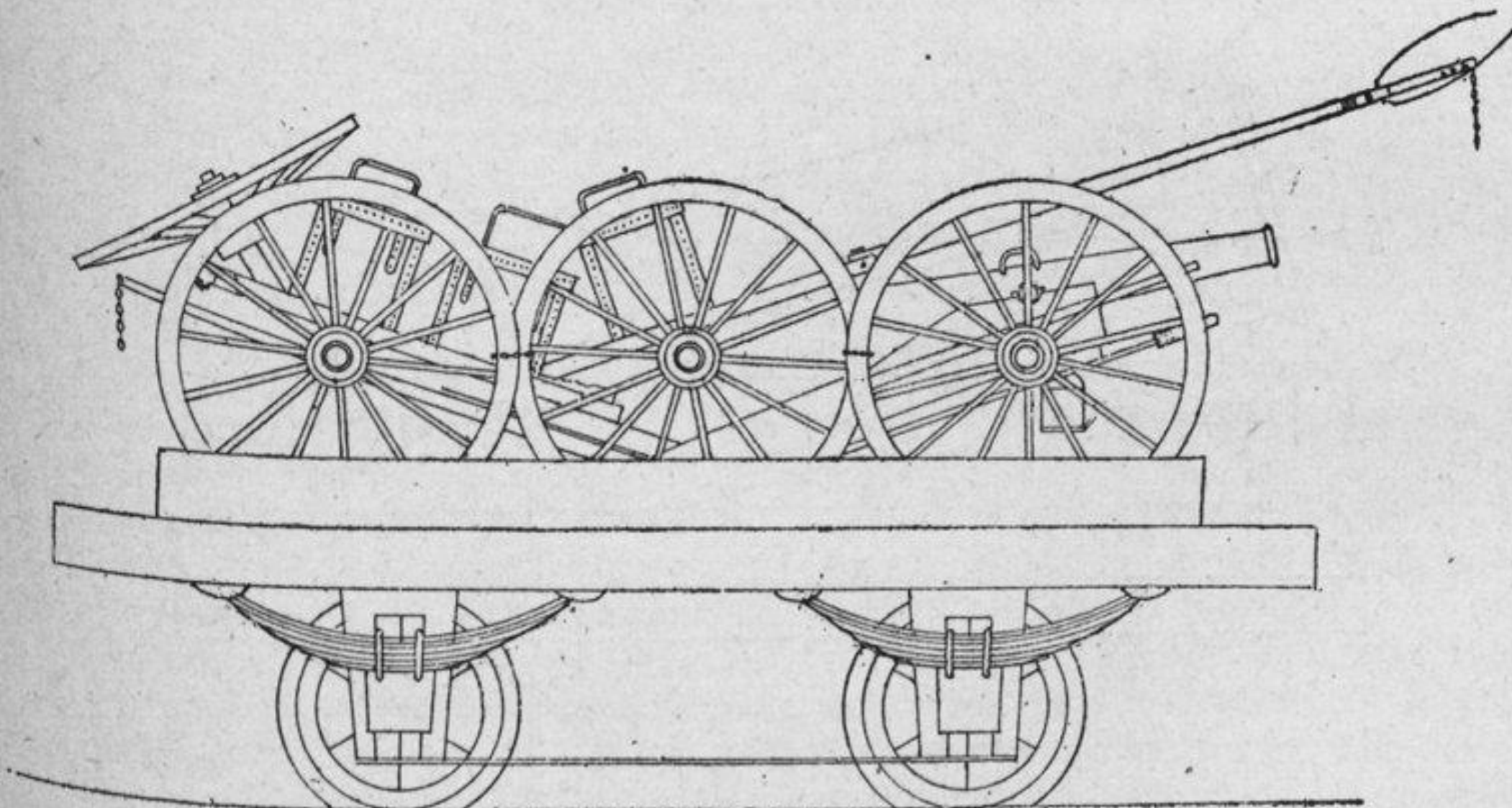


Fig. 179.

petits côtés, soit en employant les ponts volants, et on relie successivement chacun de ces trucs au quai par deux ponts volants.

Pour charger le premier truc, on commence par y introduire directement par le grand côté, les deux premières demi-voitures qu'il doit porter, et on les y dis-

pose comme il vient d'être expliqué, pour le chargement par les petits côtés.

On introduit ensuite la dernière ou les deux dernières demi-voitures par le grand

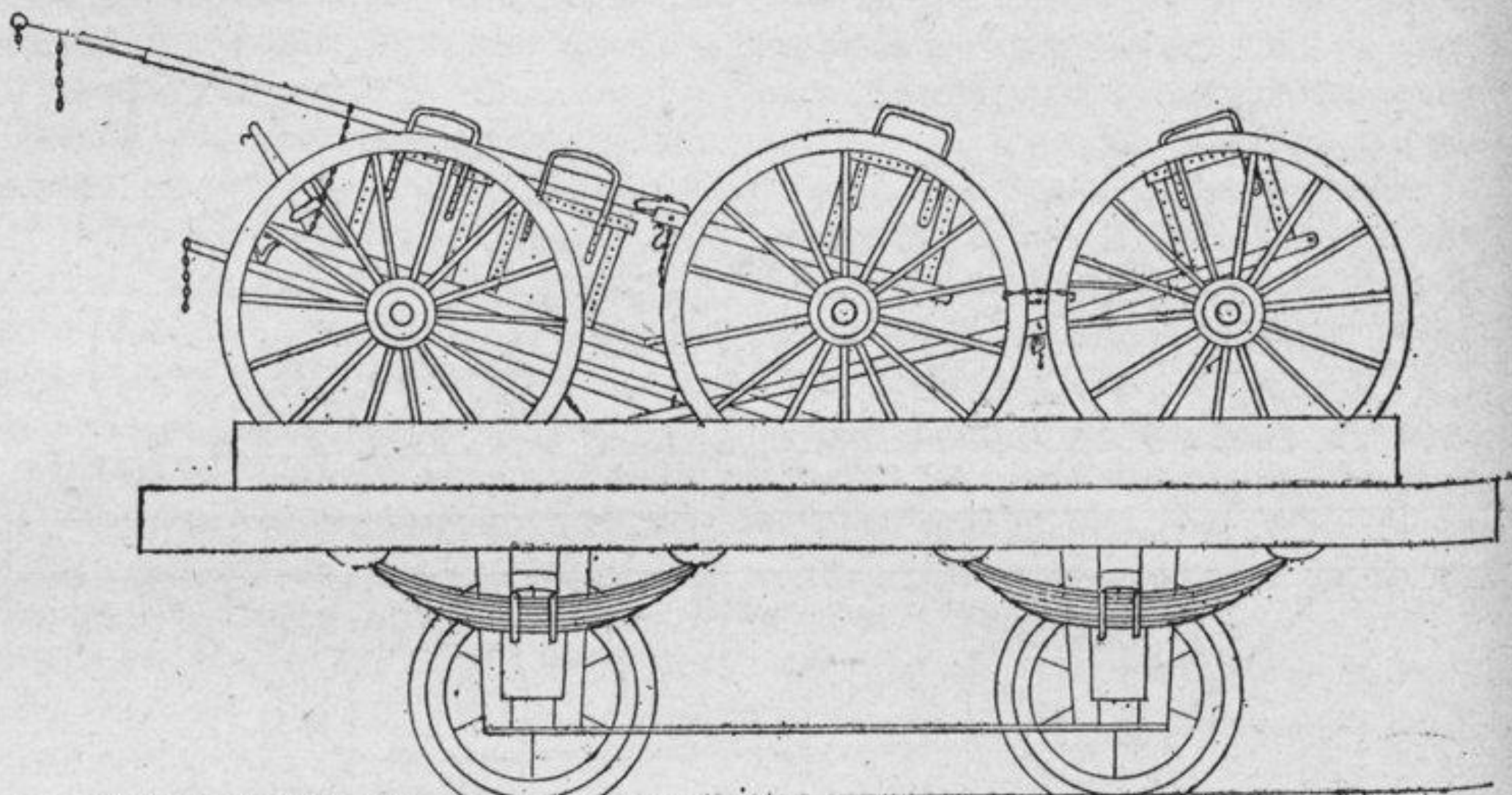


Fig. 180.

côté, sur le deuxième truc, d'où elles sont conduites sur le premier.

On se sert ainsi du deuxième truc pour achever de charger le premier, et ainsi de suite. Arrivé au dernier truc, on procède de la manière suivante.

275. Truc pour deux voitures. — Amener un arrière-train, la flèche en arrière, le faire tourner à droite (du côté opposé à l'avant-dernier truc) et le conduire jusqu'au bout du truc; poser la flèche sur le plancher.

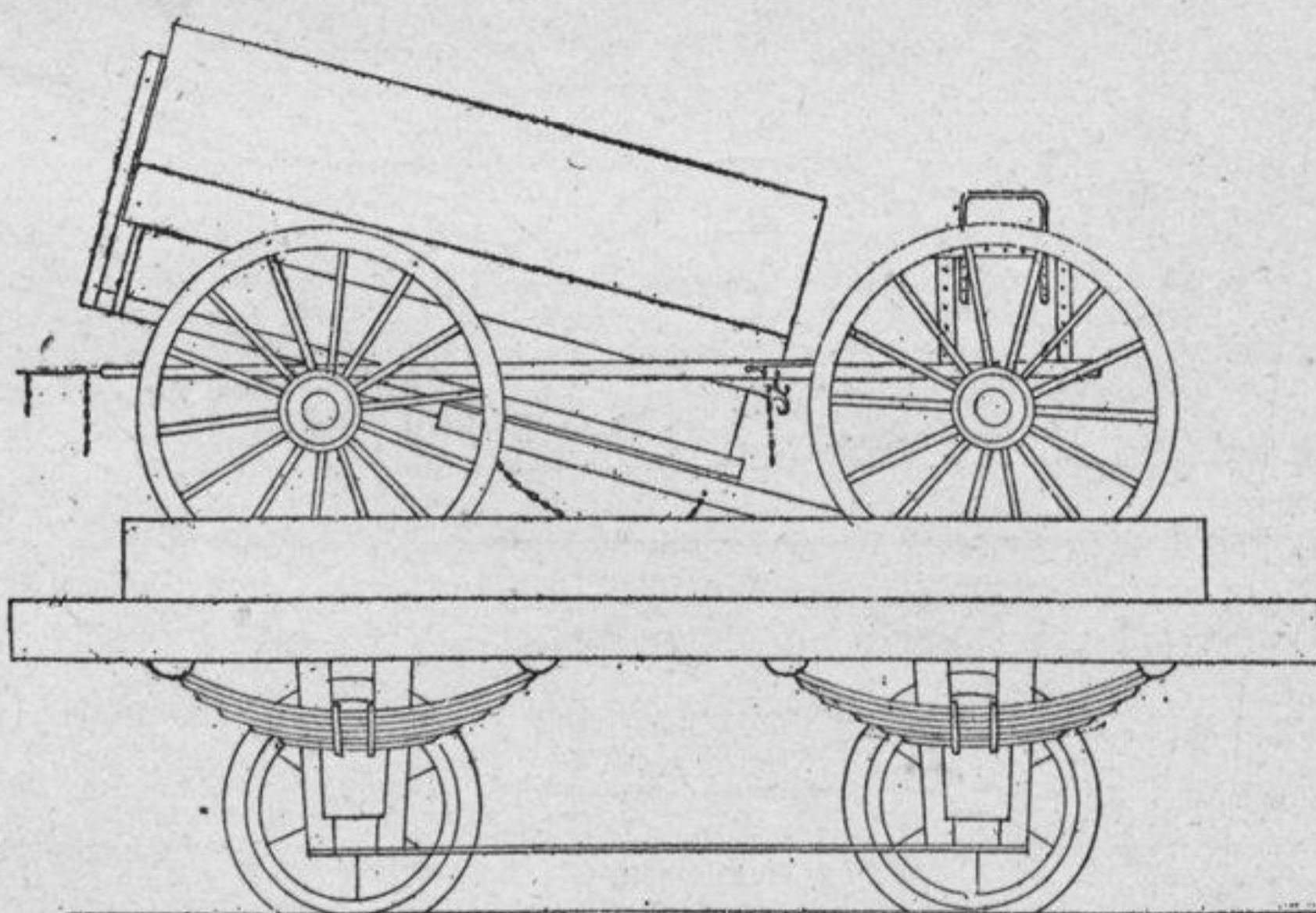


Fig. 181.

Amener le deuxième arrière-train, la flèche en arrière, le faire tourner à gauche et le conduire sur les ponts volants qui relient les deux trucs.

Amener un avant-train, le timon en arrière, le faire tourner à droite, engager le plus possible les roues dans celles du premier arrière-train; ôter le timon pour faciliter le chargement de la deuxième voiture, et placer ce timon le long du grand côté du truc opposé au quai.

Introduire le deuxième avant-train, le timon en arrière, le faire tourner à gauche, puis le ramener en avant et engager le plus possible les roues dans celles du premier avant-train; poser le timon sur le coffre de cet avant-train. Enfin ramener le deuxième arrière-train sur le truc et placer ses roues en contact avec celles du deuxième avant-train.

276. Truc pour une voiture et demie, — Amener un arrière-train, la flèche en arrière, le faire tourner à gauche et le conduire sur les ponts volants qui relient les deux trucs.

Introduire alors un avant-train, le timon en arrière, l'amener contre le premier arrière-train, le timon reposant sur ce dernier.

Enfin, ramener sur le truc l'arrière-train ou avant-train qui a été amené sur les ponts-volants, et mettre ses roues en contact avec celles de l'avant-train déjà placé.

277. Truc pour une voiture. — Quel que soit le mode de chargement employé,

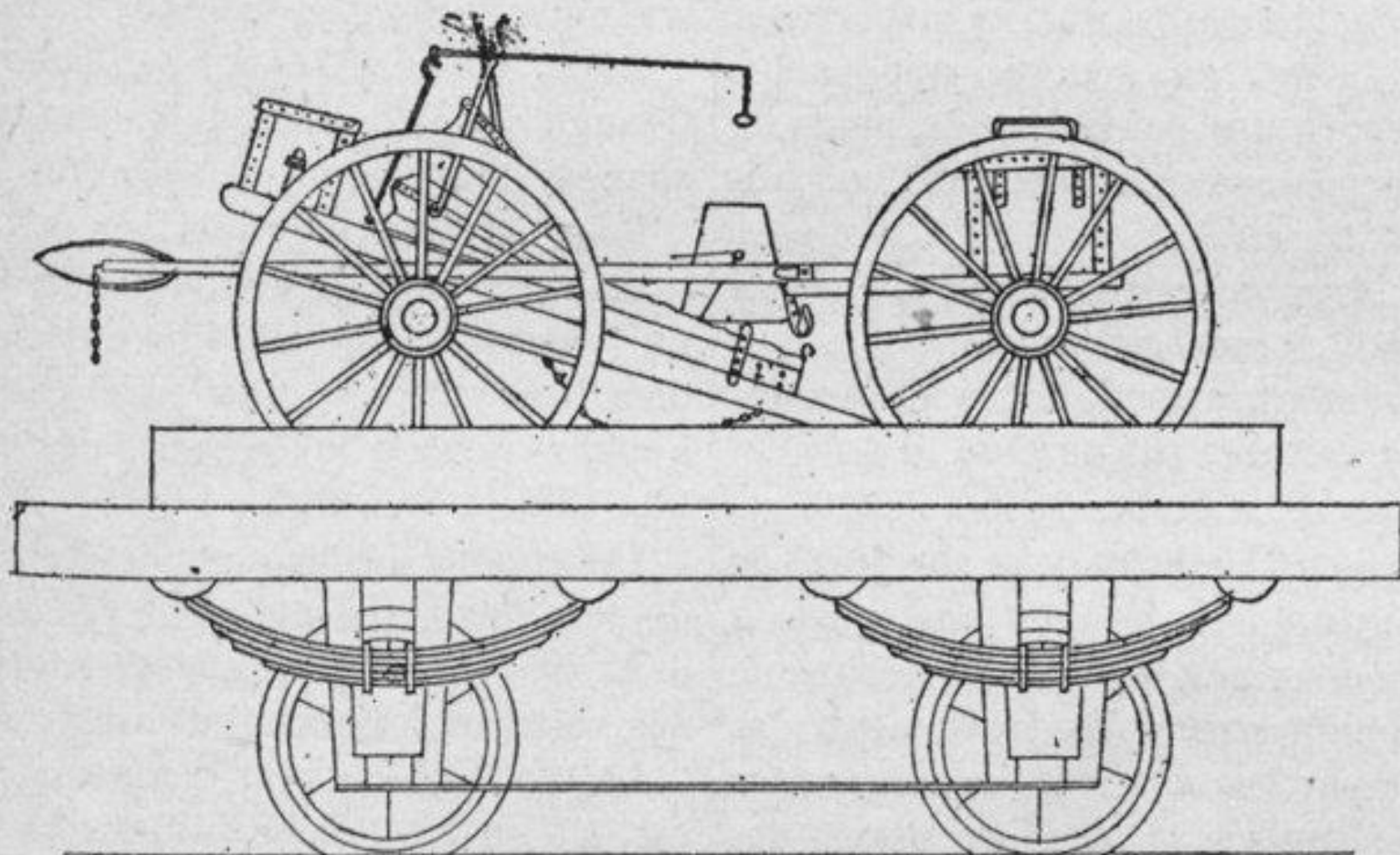


Fig. 182.

les deux trains de la voiture sont placés, l'un à droite, l'autre à gauche, la flèche et le timon l'un vers l'autre, la flèche à terre et le timon élevé (fig. 181 et 182).

278. Conditions essentielles d'un bon chargement. — Les conditions essentielles d'un bon chargement sont les suivantes :

1° Répartir autant que possible le poids sur la surface du truc, de manière à ne pas fatiguer inégalement les ressorts; à cet effet disposer les divers éléments des voitures en échelons, suivant une diagonale du wagon, en croisant convenablement les roues.

2° Disposer les volées des canons, la bouche tournée du côté de la queue du train.

3° Faire en sorte que les bouts des timons et les roues de rechange ne dépassent pas les faux tampons.

4° Ne jamais enlever les timons avant que la voiture soit en place sur le truc, pour ne pas s'exposer à un basculement très dangereux avec des coffres chargés.

5° Veiller à ce que les coffres des deux voitures voisines ne soient jamais en contact.

6° Consolider, caler, brêler et amarrer,

avec un soin extrême, les parties du chargement qui en sont susceptibles, de manière à les rendre toutes parfaitement solidaires entre elles et en assurer la complète stabilité.

7° Clouer sur le plancher du wagon toutes les cales qu'il est nécessaire de placer sous les roues.

8° S'assurer que pendant les opérations du chargement, il ne s'est pas répandu du pulvérin sur le plancher des trucs; le cas échéant, le commandant prend les mesures nécessaires pour prévenir tout accident.

§ X. — TRANSPORT DES PONTONNIERS ET DES ÉQUIPAGES DE PONT

279. Dispositions générales. — Les dispositions relatives aux transports de l'artillerie sont, en général, applicables au transport des équipages de pont de corps d'armée, sauf les modifications suivantes :

280. Accessoires nécessaires pour l'embarquement et le débarquement.

Pour l'embarquement et le débarquement des voitures sur un quai, il faut :

1° des ponts volants; 2° des bottillons de paille de 0^m,80 de longueur sur 1^m,25 de tour, pour amortir le choc des roues, à raison de deux par truc; 3° des torons de paille pour prévenir le frottement des diverses parties des voitures les unes contre les autres; 4° des jarretières, des bouts de madriers, de grandes cales.

281. Arrivée de la troupe à la gare. — L'officier préposé au chargement, en allant reconnaître la gare, fixe, d'après l'inspection des lieux, le temps nécessaire à l'embarquement, qui peut être évalué à trois heures pour un train de l'équipage d'armée, et à deux heures pour un train de l'équipage de corps d'armée.

282. Ordre et composition du train. — Le train doit être organisé de telle façon qu'il y ait en tête au moins deux wagons à bagages et à selles munis de freins; puis viennent les wagons à chevaux, les voitures destinées aux officiers, les voitures des hommes et enfin les trucs chargés du

matériel. On met en queue du train un wagon à bagages et à frein.

283. Embarquement du matériel. — Chaque voiture des équipages de pont, chargée de son matériel, exige un truc.

Pour éviter les dégradations des parties saillantes, on place alternativement avec un haquet à bateau une autre voiture dont le chargement plus court et plus bas s'engage sous la levée de bec des bateaux (*fig. 183*).

Les timons des haquets et des chariots de parc sont toujours enlevés et placés dans les bateaux ou sur le chargement des voitures auxquelles ils appartiennent.

La volée de l'avant-train des haquets est, s'il en est besoin, retournée sous la voiture, après l'enlèvement du timon.

284. — Équipages de corps d'armée et d'armée. — L'embarquement de cet équipage exige des trucs d'une longueur intérieure de 5^m,80 au minimum.

Des trucs d'une longueur moindre pourraient suffire, à la rigueur, pour les chariots et les forges, mais on serait obligé d'enlever les poutrelles placées sur les haquets voisins. Dans ce cas, les poutrelles seraient déposées dans des bateaux.

Dans l'hypothèse du fractionnement de l'équipage en trois trains, la répartition du chargement sur les trucs serait pour chaque train la suivante :

Trucs n^{os} 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 et 16,

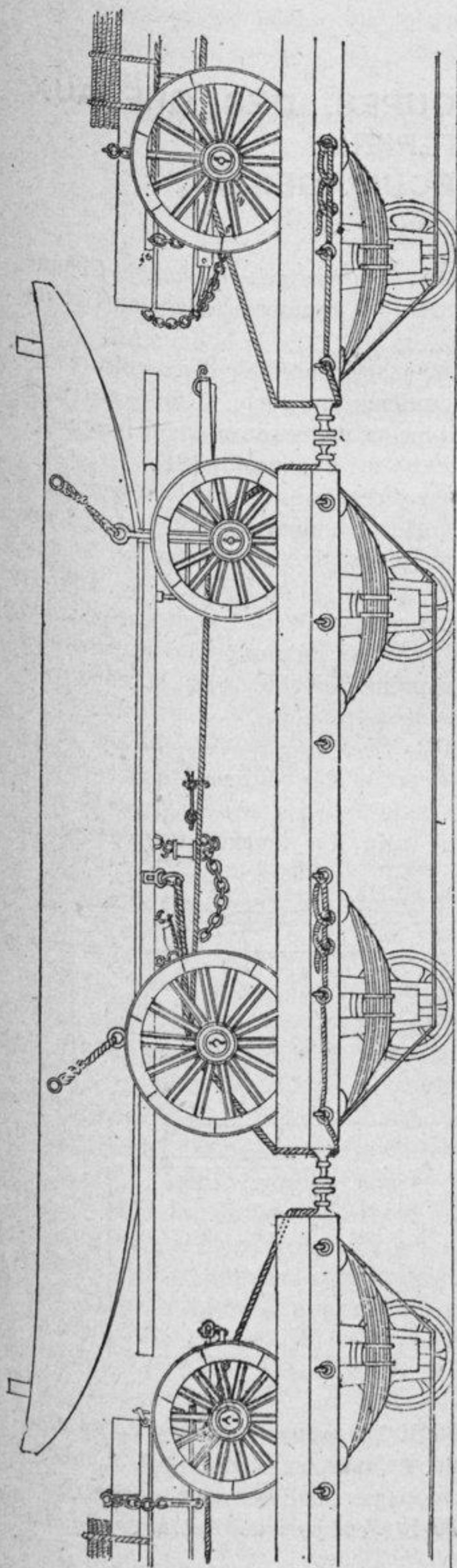


Fig. 183.

un chariot, une forge auxiliaire ou un fourgon modèle 1874.

Trucs n^{os} 2, 4, 6, 8, 10 et 12, un haquet à bateau ou à nacelle.

Truc n^o 14, un haquet de chevalets ou de la réserve.

Dans l'hypothèse du fractionnement en six trains de l'équipage d'armée, la répartition du chargement sur les trucs, sera la même que précédemment pour chacun des trucs.

285. Observations. — Toutes les voitures sont placées l'avant-train en avant.

Tous les chariots et toutes les forges ont les roues de devant et de derrière à égale distance des extrémités des trucs.

Tous les haquets ont les roues de devant appuyées contre les rebords des trucs.

Le chargement se fait par le petit côté lorsque c'est possible, ou sinon il a lieu par le grand côté.

286. Brélage. — Dès qu'un truc a reçu son chargement, on place sous la roue des cales qui sont clouées sur le plancher.

Le brélage est fait des deux côtés au moyen de prolonges passées successivement sur les gros bouts des moyeux, que l'on enveloppe d'un tour de cordage, puis dans les anneaux du truc et sous le faux tampon; les prolonges sont billottées dans l'intervalle et à égale distance des deux roues.

287. Débarquement du matériel. — Les voitures des équipages sont déchargées par les moyens inverses de ceux qui ont été employés à les charger.

Dès qu'une voiture est débarquée, l'attelage de derrière l'emmène au lieu désigné par le commandant du détachement, pour reformer la colonne.

288. Embarquement ou débarquement en pleine voie. — Dans le cas où il serait nécessaire d'embarquer ou de débarquer des voitures et des chevaux en dehors des quais, sur un point quelconque de la voie, les pontonniers établissent avec leur matériel de poutrelles et de madriers, des rampes fixes ou mobiles pour permettre d'accéder jusqu'au plancher des wagons.

§ XI. — TRANSPORT DES TROUPES, DES CHEVAUX ET DU MATÉRIEL DU TRAIN DES ÉQUIPAGES

289. Dispositions générales. — Les dispositions relatives au transport des troupes d'artillerie par les chemins de fer sont applicables aux troupes du train des équipages militaires, en ce qui concerne les hommes et les chevaux.

290. Transport du matériel. — Pour le matériel, les prescriptions générales sont les mêmes; mais, par suite de la construction différente des voitures, il y a lieu de les diviser, pour le transport, en trois catégories :

1° Voitures à quatre roues à tournant limité, ou à tournant complet, mais de grandes dimensions ;

2° Voitures à quatre roues de dimensions moyennes, et à tournant complet ou voitures à deux roues ;

3° Voitures légères à deux roues.

291. Contenance des wagons. — Chaque voiture de la première catégorie exige un truc.

Pour placer ensemble deux voitures de la deuxième catégorie, il faut un truc à fond plat de 6 mètres au moins de longueur, sur 2^m,83 de largeur (*fig. 184*).

Pour placer une voiture de la deuxième catégorie avec une voiture de la troisième, il faut un truc de 5^m,46 au moins de longueur, sur 2^m,50 de largeur (*fig. 185*).

Au-dessous de 5^m,46, les trucs ne peuvent plus recevoir qu'une seule voiture des deux premières catégories, ou deux voitures de la troisième.

292. Chargement des voitures. — La construction des voitures à quatre roues ne permettant pas de les séparer de leur avant-train, il n'y aurait aucun avantage

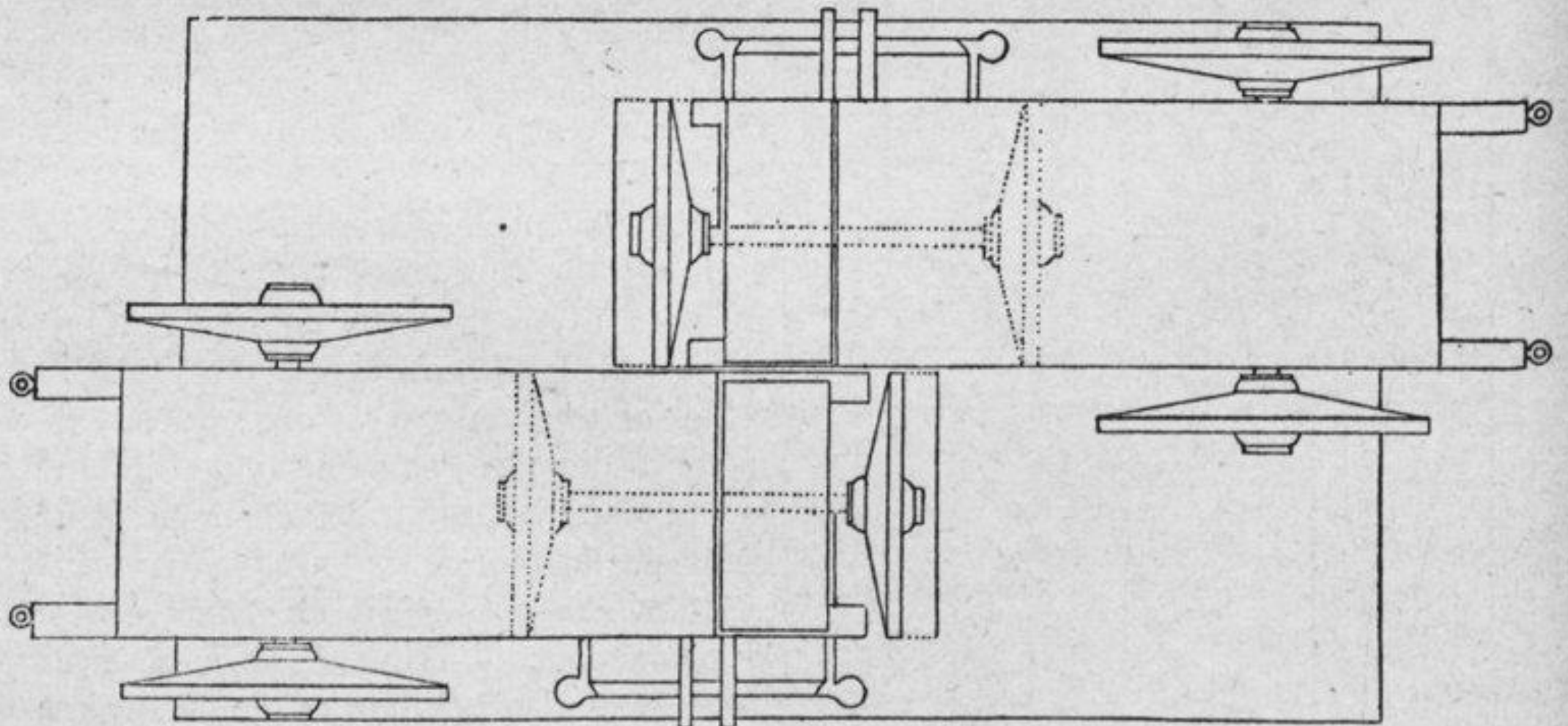


Fig. 184.

à opérer cette séparation, au point de vue de l'emplacement occupé par chacune d'elles, et le chargement ainsi que le déchargement seraient plus difficiles.

293. Truc pour une voiture. — Le chargement s'opère sans difficulté, et des indications particulières sont inutiles.

294. Truc pour deux voitures à quatre

roues. — Deux modes de chargement peuvent être employés : 1° à bras ; 2° à la grue.

Le chargement à bras se fait au moyen

de ponts volants et de la manière suivante : Introduire le premier fourgon, l'arrière-train en avant et à droite ; commencer sur les ponts volants, si la largeur de

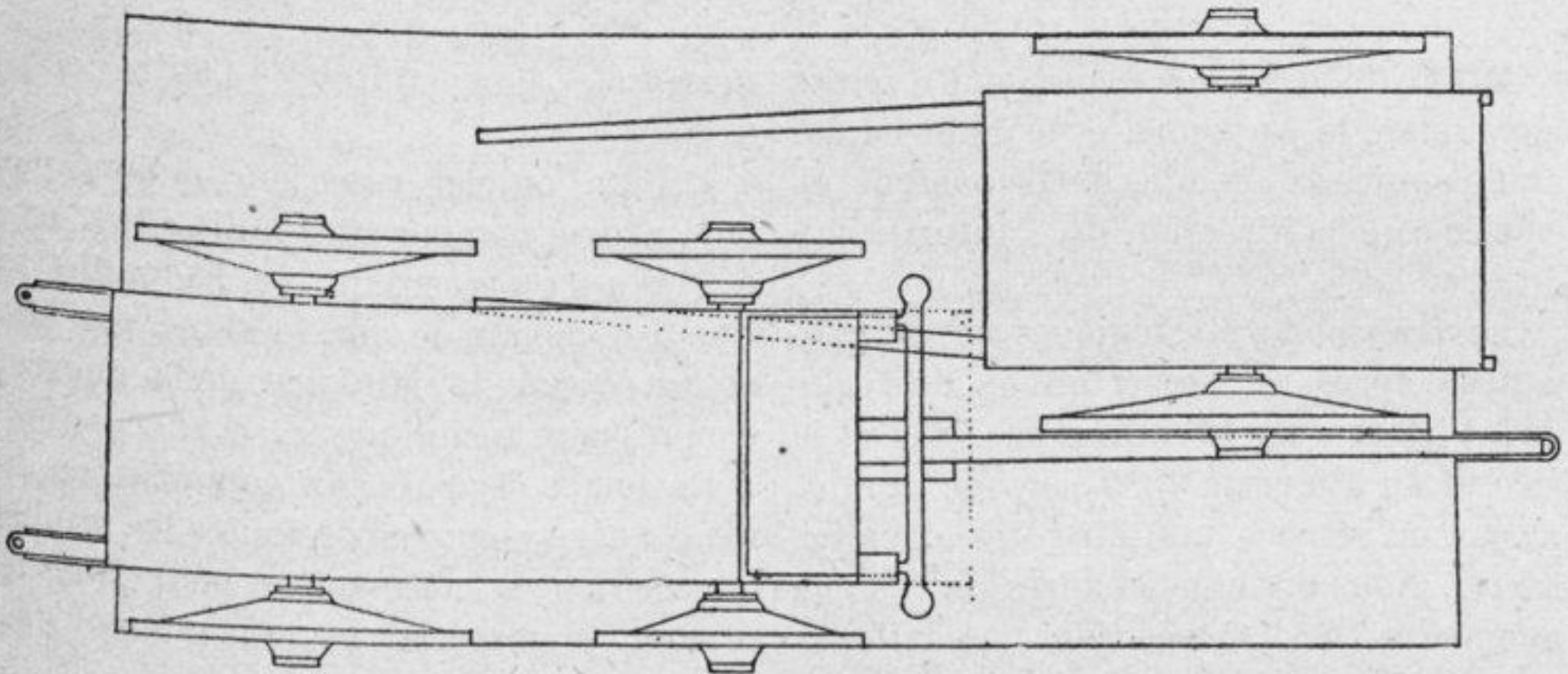


Fig. 185.

leur ensemble le permet, le mouvement de reculer à droite, amortir le choc sur le plancher avec des bottillons. Ranger le premier fourgon contre le bord extérieur. Reculer la voiture provisoirement autant qu'il est possible vers la droite du truc. Enlever le timon, le placer sur le plancher vers le côté extérieur. Tourner l'avant-train, et en diriger l'essieu suivant l'axe de la voiture, la volée du côté extérieur.

Introduire le 2^e fourgon, l'arrière-train en avant et à gauche : commencer à le reculer à gauche sur les ponts volants, s'il est possible, amortir avec des bottillons la chute des roues sur le plancher. Déplacer l'arrière-train à bras pour le ranger contre le bord intérieur. Faire pivoter l'avant-train, en diriger l'essieu suivant l'axe de la voiture, la volée du côté du quai, la roue gauche entre la roue et le coffre de la première voiture.

Faire avancer les deux fourgons à bras s'il est nécessaire, de manière que les arrière-trains ne dépassent pas les faux-tampons.

Si les timons de rechange sont en contact, les enlever et les placer sur le plancher.

Amarrer les avant-trains l'un à l'autre

et les arrière-trains aux anneaux de la plate-forme.

Avec la méthode de chargement à la grue, les voitures sont enlevées de terre et placées sur les wagons en les laissant descendre dans la position qui est indiquée sur la figure.

Truc pour une voiture à quatre roues et une voiture à deux roues.

Si des voitures à deux et à quatre roues doivent être embarquées dans un même train, on charge autant que possible, sur un même truc, une voiture à quatre roues et une voiture à deux roues.

L'avant de chaque voiture est placé au centre du truc, les roues touchant les longs côtés, et la limonière intérieure de la voiture à deux roues entre le corps de la voiture et la roue d'avant-train de celle à quatre roues.

295. *Truc pour deux voitures à deux roues.* — Deux voitures à deux roues sont placées sur chaque truc, les limonnières au centre, reposant sur le plancher et croisées.

296. *Débarquement.* — Les voitures sont déchargées par les moyens inverses de ceux qui ont été employés pour les charger.

§ XI. — TRANSPORTS STRATÉGIQUES

297. Principes généraux. — En temps de guerre, le personnel et le matériel des Compagnies de chemins de fer passent en entier sous la direction de l'autorité militaire.

Les transports stratégiques seront exécutés d'après les prescriptions du règlement général du 19 novembre 1889 et le décret du 5 février 1889 portant organisation du service militaire des chemins de fer. Nous donnons ci-après un résumé sommaire des dispositions essentielles de ces documents.

Les transports stratégiques se divisent en deux catégories :

- 1° Transports dans la zone de l'intérieur ;
- 2° Transports dans la zone des armées ;

Les transports dans la zone de l'intérieur sont ordonnés par le Ministre, réglés par le chef d'état-major général et exécutés par les Compagnies par les soins des *commissions de réseau*. Ils comprennent les transports de mobilisation et ceux de concentration.

Les transports dans la zone des armées sont ordonnés par le commandant en chef des armées et réglés par le directeur des chemins de fer aux armées, placé sous les ordres du directeur général des chemins de fer et des étapes.

298. Commissions d'études. — Il est institué, dès le temps de paix, auprès du Ministre de la guerre, une *commission militaire supérieure des chemins de fer*, qui est purement consultative. Elle est chargée d'émettre son avis sur toutes les questions relatives à l'emploi des chemins de fer pour les besoins de l'armée.

L'exécution du service militaire des chemins de fer, dans chacun des six grands réseaux de Compagnies et dans le réseau de l'État est confiée à une *commission de réseau* (n° 297) composées de deux

membres. l'un militaire, l'autre civil, savoir :

1° D'un officier supérieur nommé par le Ministre, commissaire militaire ;

2° D'un représentant de l'administration du chemin de fer, désigné par elle et agréé par le Ministre de la guerre, commissaire technique.

En temps de paix, les commissions de réseau sont chargées de toutes les études et expériences nécessaires pour que le réseau, le matériel et le personnel des Compagnies puissent être utilisés de la manière la plus complète dans l'exécution des transports stratégiques.

La commission d'un réseau étend sa compétence sur les lignes des Compagnies secondaires situées dans le territoire occupé par le réseau.

Les commissions de réseau peuvent être convoquées aussi souvent qu'il est nécessaire, par le chef de l'état-major général, pour l'examen des questions qui intéressent à la fois plusieurs réseaux.

299. Préparation des transports de mobilisation. — Chaque commandant de corps d'armée établit, pour toutes les troupes stationnées dans la région sous ses ordres, les états des transports prévus pour assurer la mobilisation.

Ces états sont envoyés à l'état-major général du Ministre, qui les fait compléter par les commissions de réseau intéressées en ce qui concerne les indications pour le départ, l'itinéraire, le débarquement. Ils sont ensuite retournés aux commandants de corps d'armée.

300. Préparation des transports de concentration. — Le Ministre détermine les lignes de transport à suivre par les corps d'armée pour arriver à leur zone de concentration et fixe les bases du service sur chacune d'elles. Chaque commis-

sion de réseau arrête dans leurs détails l'organisation et le service des lignes de transport dans la partie comprise sur son réseau.

Le chef d'état-major général arrête ensuite le *tableau de marche* des trains à utiliser chaque jour sur chaque ligne de transport. On y trouve l'indication des lignes à suivre pour assurer le mouvement le plus rapide, les stations d'embarquement, de haltes-repas, de débarquement, du nombre des *sous-commissions de réseau* ainsi que les emplacements et la nature des *commissions de gare* (n° 308). Des tableaux et des graphiques résument ces diverses données.

Des dispositions de même nature sont prises pour assurer les transports de matériel de manière à ne pas ralentir ou entraver les transports de concentration des troupes.

301. Préparation des transports de ravitaillement et d'évacuation. — Le Ministre fixe également le tracé de *lignes de communication* qu'il fixe aux armées pour le début des opérations.

Il détermine à cet effet : 1° pour le ravitaillement :

Les *établissements* (grands dépôts de personnel ou de matériel, magasins, arsenaux) ou les portions de territoire qui devront normalement pourvoir au besoin de chaque armée ou chaque corps d'armée ;

La gare dite de *rassemblement* (précédemment *gare de point de départ d'étapes*), qui, pour chaque région de corps d'armée, servira de point de réunion et de départ à tous les envois provenant de la région à destination de l'armée et inversement ;

Les gares dites *stations-magasins*, par lesquelles transiteront tous les envois de matériel dirigés sur l'armée ;

Les gares dites *têtes d'étapes de guerre*, qui seront les points de débarquement de tous les envois faits aux armées et inversement.

2° Pour les évacuations ;

Les *régions* dans lesquelles devront être placés les malades ou blessés de chaque armée ;

Les *points de répartition*, qui seront la première destination des trains d'évacuation dirigés sur la région.

Le Ministre détermine en même temps les bases de l'organisation de ces lignes de communication (emplacements de haltes-repas et d'infirmerie de gare, nombre de trains réguliers et facultatifs à faire chaque jour, etc.). Les commissions de réseau arrêtent les détails du service.

Des dispositions semblables sont prises pour l'approvisionnement ou le ravitaillement des places fortes et grands centres de population.

302. Préparation des transports aux armées. — Cette préparation comprend la détermination des lignes à mettre à la disposition de chaque commandant de groupe d'armées ou d'armée, la désignation du personnel qui doit assurer le service des chemins de fer dans la zone des armées, l'étude de l'utilisation possible des chemins de fer de types divers, l'étude de l'organisation, de l'instruction et de l'emploi des troupes de chemins de fer, enfin la préparation de toutes les mesures d'ordre technique et de détail pour assurer l'exécution du service dans tous les cas.

Transports exécutés dans la zone de l'intérieur.

303. Personnel chargé de faire exécuter les transports. — Le chef d'état-major général est chargé d'assurer l'exécution des transports ordonnés par le Ministre de la guerre et de donner toutes les instructions relatives à ce service.

Les transports sont exécutés dans chaque réseau par les soins et sous la responsabilité d'une *commission de réseau*, qui peut être assistée d'une ou plusieurs *sous-commissions de réseau* et qui dispose de *commissions de gare*.

304. Dispositions communes aux divers

organes. — Dès que le Ministre en donne l'ordre, les divers organes indiqués sont en permanence au poste qui leur est assigné dès le temps de paix ; chacune d'elles est pourvue en temps utile de tous les renseignements et instructions nécessaires à l'exécution du service.

La spécialité de fonctions de chacun des agents militaire et technique, des commissions et sous-commissions, doit être maintenue, dans l'exécution du service, de la façon la plus absolue.

Tous les membres des commissions et sous-commissions, ainsi que les agents des Compagnies, sont autorisés à se servir gratuitement du télégraphe de l'État et de celui des chemins de fer, dans la limite des exigences du service, pour tout ce qui est relatif à leur service.

305. *Augmentation de personnel et de matériel.* — Si les gares désignées comme point de formation, de départ, d'arrivée ou de halte des trains militaires ne comportent pas un personnel en rapport avec l'importance des opérations qu'elles ont à accomplir, les commissions de réseau dirigent sur ces gares un personnel complémentaire suffisant. Il en serait de même pour le matériel nécessaire.

306. *Commission et sous-commissions de réseau.* — Les transports ordonnés sont exécutés, dans chaque réseau, par les soins de la *commission de réseau* (n° 303), à l'aide du personnel des chemins de fer nationaux, sur toutes les parties qui peuvent lui être confiées.

Les *sous-commissions de réseau*, dans la zone qui leur est attribuée, sont les agents d'exécution de la commission de réseau.

307. *Commissions de gare.* — Les commissaires de gare sont les agents locaux d'exécution des commissions de réseau. Leur mission générale est d'assurer, dans les gares où elles siègent, l'exécution du service et des instructions des commissions de réseau.

Les commissions de gare sont les intermédiaires obligés entre les troupes qui

s'embarquent dans les gares, y débarquent ou les traversent, d'une part, et les agents du chemin de fer, d'autre part.

Elles sont ainsi composées :

Un capitaine ou officier supérieur, commissaire militaire ;

Le chef de gare, commissaire technique ;

Un personnel militaire auxiliaire variable avec l'importance de la station.

Les commissions de gare reçoivent leurs ordres d'instruction des commissions de réseau ; elles règlent toutes les dispositions à prendre pour l'exécution des transports ; elles assurent les distributions de vivres, et, de concert avec les autorités compétentes, les soins à donner aux malades et blessés, ainsi que le logement des militaires isolés et des troupes de passage.

Le commissaire militaire exerce les fonctions d'un commandant d'armes à l'égard des isolés ou des corps de troupe qui s'embarquent à la gare, qui la traversent ou qui y débarquent. Les commandants de troupe, quel que soit leur grade, sont tenus de faire observer les consignes établies, et de déférer aux observations verbales du commissaire militaire.

Elles entrent en fonction dès le début de la mobilisation ; elles reçoivent, en ce qui les concerne, un extrait des tableaux de mobilisation et de concentration, ainsi qu'une expédition des ordres journaliers préparés pour chaque section.

Elles parcourent elles-mêmes toute la ligne avant le début des transports, et s'assurent que tous les personnels d'exécution sont à leur poste, que toutes les mesures prescrites sont prises.

Une fois les transports commencés, elles siègent en permanence, et prennent toutes les mesures nécessaires en cas d'accident ou incident, de concert avec les Compagnies intéressées.

308. *Diverses espèces de commissions de gare.* — Les commissions de gare prennent, selon le rôle qu'elles ont à remplir, les dénominations suivantes :

- 1° Commission de gare de mobilisation ;
- 2° Commission de gare d'embarquement ;
- 3° Commission de gare de station halte-repas ;
- 4° Commission de gare de bifurcation ;
- 5° Commission de gare de débarquement ;
- 6° Commission de gare de rassemblement ;
- 7° Commission de gare de station-magasin ;
- 8° Commission de gare de station de transition ;
- 9° Commission de gare de station tête d'étapes de guerre.

309. Commissions de gare de mobilisation. — Les commissions de gare de mobilisation ont pour objet de veiller à l'ordre et à la régularité des mouvements des troupes et du matériel.

Au fur et à mesure de l'arrivée des hommes, le commissaire militaire vérifie si leur ordre de route leur prescrit de se présenter à cette gare de mobilisation et de voyager par les voies ferrées.

En cas d'erreur de direction ne provenant pas du fait intentionnel de l'homme, le commissaire et le chef de gare avisent la Compagnie de remettre l'homme gratuitement à l'embranchement où l'erreur a été commise.

Au besoin, le commissaire fait délivrer aux hommes un ordre de mouvement rapide avec les bons de chemins de fer nécessaires pour rejoindre leur destination.

Si le cas de l'homme paraît douteux, le commissaire le remet entre les mains de la gendarmerie.

Les fonctions des commissions de gare de mobilisation cessent aussitôt que la période de mobilisation est terminée.

310. Commissions de gare d'embarquement. — Ces commissions ont pour mission d'assurer la régularité et la célérité les plus grandes dans les embarquements de troupes ou de matériel ; elle veillent à ce que les hommes soient mis en route rigoureusement aux heures fixées par les ordres

de service. Dans les villes de garnison où se trouve un seul corps de troupe, le chef de corps est commissaire militaire.

Il n'est pas mis de personnel auxiliaire à la disposition de la commission, le commissaire ayant toute latitude de prendre, à l'aide de la troupe sous ses ordres, les mesures qu'il juge convenables pour assurer le maintien de l'ordre.

Lorsque la garnison comprend deux ou plusieurs corps, le commissaire militaire est l'un des officiers supérieurs de la garnison.

Des plantons et un poste de police doivent être mis à la disposition de la commission.

Le commissaire militaire a la mission d'assurer l'exécution régulière des ordres de mouvement qui lui sont parvenus : il prend toutes les dispositions nécessaires pour que l'opération s'exécute avec le plus grand ordre, et il s'assure que la troupe n'emmène que les chevaux, les voitures et le matériel réglementaires.

311. Commissions de gare des stations halte-repas. — Les stations halte-repas sont des stations où des troupes de passage, pendant la concentration, doivent s'arrêter pour prendre un repas, et où l'on fait boire les chevaux. Elles sont divisées en trois catégories :

1° Celles où il est distribué des repas chauds par les soins de l'administration militaire ;

2° Celles où il est fait des distributions de vivres froids ;

3° Celles où des repas chauds sont distribués par des buffetiers en exécution de marchés spéciaux passés par l'administration de la Guerre.

Le cadre de commis et les hommes des services auxiliaires sont désignés parmi les hommes domiciliés à proximité de la station ; ils sont placés sous les ordres de l'officier d'administration comptable des subsistances.

Dans les haltes-repas temporaires, le poste de police est fourni par les troupes

de passage, lorsque l'éloignement de la garnison ne permet pas de placer dans la station un poste fourni par une fraction de troupes restant sur le territoire.

Dans les haltes-repas permanentes, le poste de police est fourni par une fraction appartenant aux troupes restant sur le territoire, jusqu'au moment où le service peut être pris par l'armée territoriale.

Dès son entrée en fonction, le commissaire s'assure si les locaux sont aménagés et si le matériel est prêt.

Dès qu'il est prévenu de l'arrivée d'un train de militaires qui doivent, en exécution du tableau de transports, recevoir à la station, soit un repas chaud, soit des vivres, soit des fourrages, il en informe l'officier d'administration en lui faisant connaître l'effectif exact des troupes et l'heure de leur arrivée.

Dans le cas où cette heure viendrait à être modifiée pour une cause quelconque, le commissaire militaire, dès qu'il en est avisé, prévient l'officier d'administration, afin que les aliments ne soient apportés sur les tables qu'au moment où les hommes vont descendre des wagons.

Il s'assure aussi que l'eau nécessaire pour les chevaux et les seaux en toile pour la distribuer, ont été préparés.

En toutes circonstances, le service des vivres est subordonné aux exigences et à l'exécution régulière du service technique du chemin de fer, et le commissaire militaire doit faire en sorte que les trains quittent la gare exactement à l'heure fixée par les ordres de service. Les durées normales prévues pour l'arrêt des trains sont réduites en conséquence, s'il est nécessaire.

312. Commission de gare de bifurcation. — Elles ont principalement pour objet le maintien de l'ordre dans les croisements des transports des détachements et des isolés. Elles s'attachent surtout à redresser les erreurs de direction qui ont pu se produire.

313. Commission de gare de débarque-
ment. — Elles font activer par tous les

moyens possibles le débarquement des troupes et le débarquement du matériel.

En principe, les munitions, les équipages et autres objets que les troupes conduisent avec elles sont déchargés par le soin de la troupe, toutefois lorsque les trains à débarquer ne sont pas accompagnés d'un personnel suffisant, des équipes supplémentaires sont adjointes aux hommes de troupe.

La Commission ne perd pas de vue que l'opération du déchargement doit être faite immédiatement, attendu qu'il importe de faire retourner en arrière le matériel vide, le plus promptement possible.

Les accessoires d'embarquement et de débarquement (rampes, grandes cales de roues, bouts de madriers, jarretières) sont reçus en dépôt par les commissions de débarquement et dirigés ensuite, d'après les instructions de la Commission supérieure, soit sur les stations de transition, soit sur les stations têtes d'étapes de guerre.

314. Commissions de gare de rassemblement. — Les commissions doivent s'assurer avec le plus grand soin que le personnel et les colis qui leur sont expédiés des divers points de la région pour être envoyés à l'armée sont bien effectivement destinés au corps d'armée correspondant, et que les colis portent à cet effet les marques et indications nécessaires.

En ce qui concerne le personnel et le matériel renvoyés de l'armée temporairement ou définitivement, la commission doit les répartir, aussitôt l'arrivée des trains, et les expédier sans retard sur les corps ou établissements destinataires.

Le chef de gare se fait donner, par les employés sous ses ordres, à la fin de la journée, un état des colis arrivés à l'adresse des différents corps de troupe et corps d'armée.

Cet état est remis par ses soins à l'officier d'administration comptable, qui fait procéder à la reconnaissance du matériel, indique la nouvelle destination à lui donner, et fait les écritures nécessaires.

315. Commissions de gare de station-magasin. — Le commissaire militaire se fait remettre et transmet chaque jour au directeur des étapes de l'armée à laquelle la station-magasin est affectée les situations sommaires des existants en magasin qui ont été dressés par les comptables de chaque service (n° 327).

Il reçoit du directeur des étapes les ordres indiquant les expéditions de toute nature à diriger sur l'armée.

Il donne des instructions en conséquence aux représentants des différents services et veille, de concert avec le commissaire technique, à la meilleure utilisation possible, dans l'intérêt de l'armée, des marches de trains qui ont été affectées par la commission de réseau au trafic entre la station-magasin et la station tête d'étapes de guerre. Il veille à ce que le départ des denrées ou du matériel ait lieu par les marches de trains qui lui ont été indiquées.

Le commissaire militaire est secondé ou suppléé, au besoin, par les officiers adjoints.

316. Commissions de gare des stations de transition. — Les stations de transition sont celles où cesse l'exploitation du réseau ferré par les Compagnies nationales de chemins de fer et où commence l'exploitation de ce réseau par les troupes de chemins de fer (sections techniques ou sapeurs de chemins de fer). Aux stations de transition, il est établi une commission de gare, qui relève simultanément de la commission supérieure et de la Direction des chemins de fer de campagne.

Le commandant militaire doit s'assurer avant le départ de chaque train pour les stations têtes d'étapes, que tout le personnel et tout le matériel sont bien destinés à l'armée.

Il veille à ce que tous les transports venant de l'armée soient bien répartis par circonscription et dirigés sur la station de point de départ d'étapes, où doit se faire la réexpédition sur chacun des corps ou établissements destinataires.

317. Commissions de gare de stations têtes d'étapes de guerre. — Les stations têtes d'étapes de guerre sont celles auxquelles doivent aboutir les transports destinés aux armées et situées au-delà de la base d'opérations. Aux stations têtes d'étapes de guerre, il est établi une commission ou un commandement de gare, suivant le cas. Le personnel administratif nécessaire pour assurer le service fait partie du commandement d'étapes installé dans la localité correspondante.

318. Règles préliminaires des transports. — Dès que les Compagnies ont reçu du ministre de la guerre la notification de la réquisition portant que tous les moyens de transport doivent être mis à la disposition de l'administration de la guerre, elles prennent toutes les mesures pour assurer aux transports militaires la prééminence absolue sur les transports commerciaux.

Les trains en cours de route doivent, autant que possible, continuer leur marche jusqu'à leur destination ; mais, une fois déchargés, les wagons et les voitures sont dirigés à vide sur les points d'expédition des trains militaires.

Une affiche rédigée par la commission supérieure et placardée par chacune des Compagnies intéressées, avise le public de la suppression totale ou partielle des trains ordinaires de l'exploitation, et de tous les délais prévus pour le transport des marchandises.

Sur tout le réseau, les chefs de gare préviennent les expéditeurs d'avoir à reprendre les marchandises non encore parties, ou de donner, sur les notes d'expédition, déclaration de la reconnaissance de l'état de choses créé par la réquisition.

Dans les gares désignées pour le départ ou l'arrivée des trains militaires, les marchandises non encore expédiées peuvent, si besoin est, être camionnées d'office au domicile des expéditeurs ou dans un entrepôt public ou privé.

De même les marchandises non enle-

vées par les destinataires peuvent être camionnées d'office par les Compagnies, soit au domicile des destinataires, soit dans un entrepôt public ou privé.

Sur la proposition des commissions de réseau, le Ministre autorise, lorsqu'il le juge utile, la reprise complète ou partielle de transports commerciaux.

Lorsque pour un réseau, cette reprise ne doit être que partielle, le Ministre fixe les lignes et, s'il y a lieu, les gares ouvertes aux transports commerciaux, le nombre maximum des trains qui peuvent être affectés à ce service, enfin le matériel qui pourra être utilisé.

Dans les gares désignées pour l'arrêt momentané des trains, les Compagnies entretiennent des équipes volantes pour visiter le matériel roulant et remplacer les voitures qui ne se trouveraient plus dans des conditions convenables de sécurité.

319. Fonctionnement des gares de point de départ d'étape. — Afin de prévenir toute confusion aux gares d'arrivée, tous les transports de personnel ou de matériel à destination de l'armée, et prenant leur origine dans la circonscription territoriale d'un corps d'armée, sont dirigés par les établissements ou les corps expéditeurs sur la gare de rassemblement assignée à cette région territoriale.

A partir de cette gare, les transports réunis, autant que possible, en trains spéciaux, sont dirigés sans rompre charge :

1° Les transports de personnel, sur leur destination, en passant par la station de transition, si cette destination est au-delà de cette dernière station ;

2° Les transports de matériel et d'approvisionnements sur les stations-magasins.

Tous les transports de l'armée vers l'intérieur, à l'exception des malades et des blessés, sont divisés par régions de corps d'armée destinataires, par les soins des commissions de gare de la base d'opération, au cas où cette division n'aurait

point été faite à la station de transition ou de départ.

Les transports concernant chaque région sont dirigés ensuite vers la gare de rassemblement de cette région, qui en fait la réexpédition sur les établissements ou les dépôts destinataires.

Pour les transports de pain et denrées fraîches, munitions et artifices, etc., l'autorité militaire peut faire accompagner chaque train par un convoyeur, qui prend place dans le fourgon du chef de train et, dès l'arrivée à destination, prévient le service destinataire de la présence en gare du matériel avec lequel il a voyagé ; dans ce but, il est porteur des doubles de factures d'expédition.

Les transports de bétail sont toujours accompagnés d'un personnel spécial calculé à raison d'un toucheur par quatre wagons.

320. Chargement et déchargement des wagons. — Les opérations de chargement et de déchargement des wagons sont faites dans les gares de rassemblement et dans les stations-magasins, par les ouvriers ordinaires des Compagnies de chemin de fer, et, en cas d'insuffisance, par des ouvriers militaires ou par des travailleurs requis.

Les modifications dans l'emplacement des stations-magasins n'entraînent pas, en général, la suppression des stations-magasins primitives établies sur le territoire en arrière de la première base d'opérations, ces stations étant destinées à servir de réserve de seconde ligne et de régulateurs pour les mouvements vers l'intérieur, en cas d'évacuation ou de retraite.

Les stations-magasins créées sur le théâtre de la guerre sont destinées à recevoir le matériel et les denrées réunis sur place ou provenant de l'intérieur ou des stations-magasins de la frontière.

321. Matériel possédé par les Compagnies. — Le matériel roulant possédé par l'ensemble de nos Compagnies est consi-

dérable : 20 000 wagons à voyageurs contenant 700 000 places, 9 000 wagons couverts à bagages ; 70 900 wagons à marchandises couverts, 121 000 wagons à marchandises découverts ; en tout, plus de 200 000 wagons.

Le matériel de toute nature nécessaire aux transports militaires est en tout temps entretenu par les soins des Compagnies.

Des inspecteurs permanents, désignés par le Ministre de la guerre, sont chargés de s'assurer inopinément de la présence et de l'état de conservation de ce matériel.

Transports exécutés dans la zone des armées.

322. Direction d'ensemble du service.

— Le directeur général des chemins de fer et des étapes a dans ses attributions la direction supérieure du service des chemins de fer au-delà de la ligne de démarcation qui sépare la zone des armées de la zone de l'intérieur.

Il fait assurer la direction immédiate de ce service par le directeur des chemins de fer aux armées.

Le directeur général se tient en relations constantes et journalières avec l'état-major général du Ministre, en vue d'assurer la coordination du service sur les lignes de la zone des armées et sur les lignes de l'intérieur.

Ce directeur, qui entre en fonctions à la date fixée par le commandant en chef, est placé sous l'autorité immédiate du major général des armées, avec la qualité d'aide-major général.

Outre la direction d'ensemble du service des armées, le directeur général assure, par des instructions d'ensemble, le fonctionnement général du service des étapes, mais sans que ces instructions puissent faire obstacle à l'exécution des ordres donnés par les commandants d'armée.

Il est secondé par un état-major qui comprend notamment :

Un ingénieur des chemins de fer assisté d'un personnel auxiliaire ;

Un bureau des étapes chargé de centraliser toutes les questions relatives à ce service.

Le directeur général reçoit du major général les instructions et les indications d'ensemble sur les opérations en cours d'exécution ou en projet, et sur les besoins qui en résulteront pour les armées.

Dans la limite de ces instructions, il a la plus grande initiative pour le choix et l'exécution des mesures destinées à pourvoir à ces besoins.

Il répartit les lignes exploitées entre les diverses armées, au point de vue de l'utilisation des moyens réguliers de transport. Il désigne la commission de chemins de fer avec laquelle la direction des étapes de chaque armée devra se mettre en rapport. Il fixe, d'après les indications du major général, les emplacements et les affectations des stations *têtes d'étapes de guerre* (n° 317).

Le directeur général est en relations directes avec les représentants des divers services qui se trouvent au grand quartier général.

323. Personnel à la disposition du directeur. — Le directeur des chemins de fer aux armées réside, en principe, auprès du directeur général des chemins de fer et des étapes. Il est assisté d'un ingénieur des chemins de fer et :

1° D'un personnel militaire et technique fixé par décret et comprenant entre autres :

Un officier supérieur d'état-major qui lui est adjoint,

Un officier supérieur du génie commandant les troupes de sapeurs de chemins de fer,

Un sous-intendant militaire ;

2° D'une commission de réseau par compagnie, disposant elle-même de sous-commissions de réseau s'il y a lieu, et de commissions de gare, pour assurer le service sur les lignes dont l'exploitation est confiée aux Compagnies nationales, en-deçà des stations de transition ;

3° D'une ou de plusieurs commissions

de chemins de fer de campagne, disposant de commandements de gare, pour assurer le service sur les autres lignes de la zone des armées, au-delà des stations de transition.

Le directeur des chemins de fer aux armées est chargé de la direction d'ensemble du service dans la zone des armées. Il adresse au directeur général toutes les demandes et propositions relatives à l'établissement et au maintien de la coordination entre le service sur les lignes de la zone des armées et celui des lignes de la zone de l'intérieur, d'une part, ainsi qu'entre le service des chemins de fer et celui du service des étapes des diverses armées du groupe, d'autre part.

324. Commissions et sous-commissions de réseau, commissions de gare. — Les commissions de réseau fonctionnant dans la zone des armées ont les mêmes attributions que celles établies dans la zone de l'intérieur.

Les sous-commissions de réseau et commissions de gare ont la même composition et les mêmes attributions que les organes similaires qui fonctionnent dans la zone de l'intérieur.

Le personnel d'exécution est celui des Compagnies affecté normalement aux lignes comprises dans la zone des armées. S'il est insuffisant, il peut être renforcé par prélèvement sur le personnel de la même Compagnie demeuré dans la zone de l'intérieur et, dans certains cas, par des fractions de troupes de chemins de fer.

La fourniture du matériel roulant s'effectue dans les mêmes conditions.

325. Commissions de chemins de fer de campagne. — Chaque commission comprend un officier supérieur, président, et un ingénieur de chemins de fer qui est, en principe, le commandant de la section de chemins de fer de campagne mise à la disposition de la commission.

Elles sont chargées, dans la circonscription qui leur a été assignée par la direction des chemins de fer de campagne :

1° Des travaux de construction, de réparation et de destruction de la voie et des ouvrages d'art, du choix et de l'installation des stations ouvertes au service des transports ;

2° Du mouvement des trains réguliers, facultatifs et spéciaux extraordinaires sur les sections qu'elles exploitent ;

3° De l'exécution des travaux d'entretien de la voie ;

4° De la police des trains et des gares, ainsi que du service des infirmeries de gare et des halte-repas pour les troupes transportées.

326. Personnel d'exécution. — Le personnel d'exécution comprend :

1° Une ou plusieurs compagnies de sapeurs de chemins de fer ;

2° Une ou plusieurs sections de chemins de fer de campagne ;

3° Une ou plusieurs sections télégraphiques de deuxième ligne ;

4° Un personnel auxiliaire d'agents secondaires pour les bureaux.

Nous allons indiquer sommairement ci-après quelle est l'organisation des troupes spéciales de chemins de fer. Ces troupes sont de deux espèces : les unes font partie de l'armée active et portent le nom de sapeurs de chemins de fer ; les autres font partie de la réserve et de l'armée territoriale et portent le nom de sections de chemins de fer de campagne.

327. Fonctionnement des stations-magasins. — Tout le matériel et les approvisionnements expédiés de l'intérieur sur l'armée sont généralement déchargés dans les gares entrepositaires appelées stations-magasins.

Ces stations, tout en servant à maintenir disponibles, à une distance peu considérable du théâtre de la guerre, des approvisionnements de toute nature, constituent un régulateur indispensable du mouvement de ces approvisionnements, soit vers l'armée, soit vers l'intérieur, en cas d'évacuation ou de retraite.

Le Ministre de la guerre désigne, avant

l'entrée en campagne, l'emplacement des stations-magasins, ainsi que l'armée ou les corps d'armées que chacune d'elles est appelée à desservir.

Pendant les opérations militaires, l'emplacement et l'affectation des stations-magasins peuvent être modifiés par le Ministre, après entente avec le commandant en chef des armées.

Les stations-magasins doivent réunir, autant que possible les conditions suivantes :

De bonnes communications routières ;

De vastes espaces propres au déchargement avec un développement de quais suffisant ;

Des hangars de marchandises, des abris ou au moins des emplacements pour en construire, avec des abords pavés ou empierrés ;

Une gare spacieuse, susceptible d'agrandissement ;

Des réservoirs d'eau, plaques tournantes, grues, etc.

Chaque station-magasin est placée sous le commandement d'un officier supérieur ; un fonctionnaire de l'intendance dirige l'ensemble des services administratifs de la station.

Un commissaire technique dirige le personnel et le service technique.

Ces officiers ou fonctionnaires sont secondés par un personnel militaire et technique dont la composition est variable suivant l'importance de la station.

Les hangars et magasins sont répartis et organisés d'une manière distincte pour chaque service (artillerie, génie, santé, subsistances, habillement, campement et colis des corps).

En règle générale, le matériel et les denrées destinées à l'armée ne sont dirigés que sur les stations-magasins où ils doivent être immédiatement déchargés. Les agents de chaque service procèdent sans délai à la reconnaissance, à la réception et à l'emmagasinement du matériel.

Lorsque, pour satisfaire aux demandes

de denrées ou de matériel parvenues de l'armée, il y aura avantage à utiliser tout ou partie du chargement des trains arrivant, on devra réexpédier sans les décharger, tous les wagons qui pourront entrer dans la composition des trains à former le jour même pour l'armée.

Cette disposition sera toujours mise en pratique lorsqu'il s'agira du matériel composant les parcs d'artillerie et ceux du génie, ou pour les expéditions de l'armée vers l'intérieur en cas d'évacuation et de retraite.

328. En-cas mobiles. — Afin d'assurer sur la ligne la plus avancée l'approvisionnement en munitions de guerre et en subsistances, le directeur général des chemins de fer, et des étapes, après entente avec les inspecteurs généraux de l'artillerie et des services administratifs des armées, prend, de concert avec l'état-major général du Ministre, les dispositions nécessaires pour que deux ou trois trains, au plus, de munitions et de subsistances soient toujours formés et échelonnés sur chaque ligne de transport, en avant de la station-magasin la plus rapprochée de l'armée. Ces trains tout chargés constituent des magasins roulants qui portent le nom d'en-cas mobiles.

Les en-cas mobiles doivent être remplacés par de nouveaux trains, dès que les premiers expédiés ont été déchargés.

329. Formalités des transports de matériel jusqu'aux stations-magasins. — Tout transport de matériel et denrées donne lieu à l'établissement d'une lettre de voiture ordinaire, et, en outre, à une facture établie par le comptable expéditeur et adressée au comptable de la station-magasin.

Chaque wagon porte extérieurement les inscriptions suivantes :

1° Nature et importance du chargement ;

2° Gare expéditrice ;

3° Gare destinataire.

Au point de vue du matériel, les chemins

de fer allemands sont dans une situation analogue à celle des chemins de fer français; ils possèdent cependant un plus grand nombre de locomotives : 10 000 au

lieu de 6 000. Les wagons-écuries sont aussi mieux aménagés et assez larges pour que les chevaux puissent y entrer sellés.

§ XIII. — SAPEURS DE CHEMINS DE FER & SECTIONS DE CHEMINS DE FER DE CAMPAGNE

330. *Régiment de sapeurs de chemins de fer.* — Une loi du 11 juillet 1889 a porté création d'un régiment de sapeurs de chemins de fer à trois bataillons de quatre compagnies, plus une compagnie de sapeurs-conducteurs.

Chaque compagnie comprend, sur le pied de paix, quatre officiers, treize sous-officiers et cent quarante-sept caporaux ou soldats.

Cet effectif serait loin d'être suffisant pour pourvoir aux nécessités du service en temps de guerre. Il est complété au moyen d'hommes détachés, par chacun des quatre régiments du génie, sur les réseaux des grandes compagnies et sur celui de l'État au bout d'un an de service, au nombre de deux cent vingt par an. Ces hommes, tout en restant inscrits sur les contrôles de leur corps, sont à la disposition et à la solde des Compagnies de chemins de fer, qui doivent les employer exclusivement aux travaux qu'ils auraient à exécuter en campagne.

Les officiers de réserve sont recrutés parmi les ingénieurs ou élèves ingénieurs des ponts et chaussées, parmi les sous-officiers réservistes des sapeurs de chemins de fer et parmi les agents des administrations de chemins de fer.

Les administrations doivent également compléter les cadres de la troupe, en faisant nommer *sous-officiers* un certain nombre de sous-chefs mécaniciens, sous-chefs de gare et télégraphistes, sous-chefs charpentiers et sous-chefs poseurs; *caporaux*, des mécaniciens et des employés de gare et télégraphistes; *maîtres-ouvriers*, des ouvriers en bois et en fer.

Ces grades doivent être choisis parmi les ouvriers détachés sur les réseaux ou les réservistes de cette catégorie.

Chaque compagnie peut donc aisément se décomposer en deux demi-compagnies, qui, avec leurs ressources propres, peuvent chacune détruire, réparer ou exploiter un tronçon de ligne.

331. *Sections de chemins de fer de campagne.* — Les six grandes Compagnies de chemins de fer et le réseau de l'État forment neuf sections de chemins de fer de campagne, dont le personnel est recruté parmi les ingénieurs et employés au service des Compagnies, soit volontaires, soit assujettis au service militaire, par la loi du recrutement.

Chaque section de chemins de fer de campagne forme un corps distinct, ayant une hiérarchie spéciale, sans aucune assimilation avec les grades de la hiérarchie militaire proprement dite.

Cette hiérarchie est la suivante :

Commandant de la section. — Chef de service. — Sous-chef de service de 1^{re} ou de 2^e classe. — Employé principal de 1^{re} ou de 2^e classe. — Employé. — Chef ouvrier. — Sous-chef ouvrier. — Premier ouvrier. — Ouvriers.

Les sections techniques comprennent chacune trois divisions distinctes, avec le personnel suivant :

Premier service.

Exploitation proprement dite, 480 agents.

Deuxième service.

Voie, 484 —

Troisième service.

Matériel et Traction, 294 —

Total 1258 agents.

Le personnel, en campagne, est soumis à toutes les obligations du service militaire et jouit de tous les droits des belligérants.

La subordination a lieu, dans chaque service, d'un emploi à un autre, d'après la hiérarchie ci-dessus spécifiée.

En outre, ce personnel est sous l'autorité immédiate des commissions militaires de chemins de fer auxquelles il est attaché.

Enfin, on a donné aux sections techniques un uniforme militaire, et l'on a cru devoir adopter l'uniforme du génie en le modifiant par l'addition de signes distinctifs spéciaux. De cette manière, on a évité de confectionner des effets spéciaux qui n'auraient pu être utilisés dans l'armée pour assurer le roulement des approvisionnements.

Ces insignes distinctifs consistent, pour les agents secondaires, en une roue en drap découpée, dont la couleur varie selon les services, savoir :

Blanc, pour le service de l'exploitation ;

Jonquille, pour le service de la voie ;

Écarlate, pour le service de la traction ;

Cet attribut est porté sur la manche droite de la veste, de la tunique ou de la capote.

Il est brodé en cannetille d'or ou d'argent suivant les services, pour les employés et les chefs ouvriers.

Pour les agents supérieurs, l'attribut est brodé en or ou en argent, à l'angle du collet de la tunique-vareuse ; des rangs de soutaches sont posés sur les manches pour marquer les emplois des agents supérieurs.

332. Commandements de gare. — Dans les gares principales situées au delà de la base d'opérations, les commissions des chemins de fer de campagne installent des commandements de gare ainsi composés :

Un officier commandant militaire ;

Un chef de gare pris dans le personnel des sections techniques ;

Un personnel technique pris dans les sections techniques, ou en cas de nécessité dans les compagnies d'ouvriers de chemins de fer du génie.

Dans chaque région de corps d'armée, deux commandants de gare sont désignés à l'avance par le ministre.

Le commandant de gare est commandant d'armes dans sa gare et dans ses dépendances ; il se maintient en relations constantes avec le commandant d'étapes établi dans la localité et se concerte avec lui pour les mesures intéressant :

L'embarquement et le débarquement du personnel et du matériel ;

Le logement et l'alimentation des troupes appelées à stationner ;

La distribution de vivres au personnel du service des chemins de fer, lorsqu'il y a lieu ;

La sécurité et la défense de la gare et de la voie dans le rayon du commandement d'étapes.

Les règles fixes pour les différentes commissions de gare sont applicables aux commandements de gare lorsque ces derniers ont à faire face aux mêmes nécessités.

Au delà de la base d'opérations, les lignes ferrées sont fermées au transport des voyageurs civils et des objets privés.

333. Stations têtes d'étapes de guerre. — Les stations auxquelles doivent aboutir les transports destinés à l'armée prennent le nom de *stations têtes d'étapes de guerre*.

Elles doivent, en principe, être rapprochées le plus possible des troupes ; mais elles doivent aussi présenter les ressources nécessaires pour que l'exploitation fonctionne facilement.

Les commissions de chemins de fer de campagne, desquelles dépendent les stations têtes d'étapes de guerre, s'entendent, pour l'organisation de ces stations, avec les commandements d'étapes des localités correspondantes.

Les commissions aménagent les gares, les commandements d'étapes installent les magasins et les dépôts.

Des tableaux journaliers de marche des trains, sont établis par les commissions de chemins de fer de campagne, pour les sections dont elles sont chargées

entre la base d'opérations et la station tête d'étapes de guerre.

Ces tableaux doivent prévoir, indépendamment des trains réguliers circulant à l'aller et au retour dans le parcours ci-dessus, un certain nombre de trains facultatifs qu'on peut utiliser pour les trains de matériel venant tout formés des stations-magasins, ainsi que pour les trains complets de personnel et de matériel en provenance de l'intérieur ou de l'armée.

Les trains spéciaux extraordinaires ne sont expédiés que sur l'ordre des commissions de ligne, ou des commissions de chemins de fer de campagne.

Aux stations têtes d'étapes de guerre a lieu la remise des denrées, du matériel ou des colis au service compétent des

étapes, qui en donne décharge à la gare et qui en assure la réexpédition par les équipages de l'armée ou qui les dépose dans les magasins du lieu.

A ces mêmes stations, le service des étapes fait remise à la gare de tout le matériel à réexpédier en arrière.

Tous les trains expédiés des stations-magasins sont pris en charge par des convoyeurs-gardes-bagages qui les accompagnent jusqu'à destination et sont responsables du chargement. Ces agents sont porteurs de factures en double expédition, concernant le matériel sous leur garde; une de ces expéditions est remise au comptable destinataire, et l'autre est rapportée, revêtue du récépissé de ce comptable, à l'expéditeur.

§ XIV. — ÉVACUATION DES MALADES ET DES BLESSÉS

334. Organisation du service. — A chaque station tête d'étapes de guerre se trouve un hôpital d'évacuation pour assurer l'embarquement des malades et des blessés dans les trains *ad hoc*.

Sur le parcours des lignes, des infirmiers de gare fournissent la nourriture et les médicaments aux blessés de passage.

Une annexe de l'hôpital d'évacuation établie dans une localité importante, à proximité de la base d'opérations, organise la répartition des malades et des blessés d'après un plan d'ensemble arrêté par le ministre, qui fait connaître au commissaire militaire de chacune de ces stations les régions de corps d'armée sur lesquelles devront être dirigés les trains d'évacuation.

A la gare d'arrivée, les trains sont reçus par le directeur régional du service

de santé, qui fixe immédiatement la sous-répartition dans les divers établissements hospitaliers de la région.

La commission de gare assure ensuite le transport à la destination définitive par les premiers trains disponibles.

335. Trains d'évacuation. — Les wagons à voyageurs sont réservés aux mili-

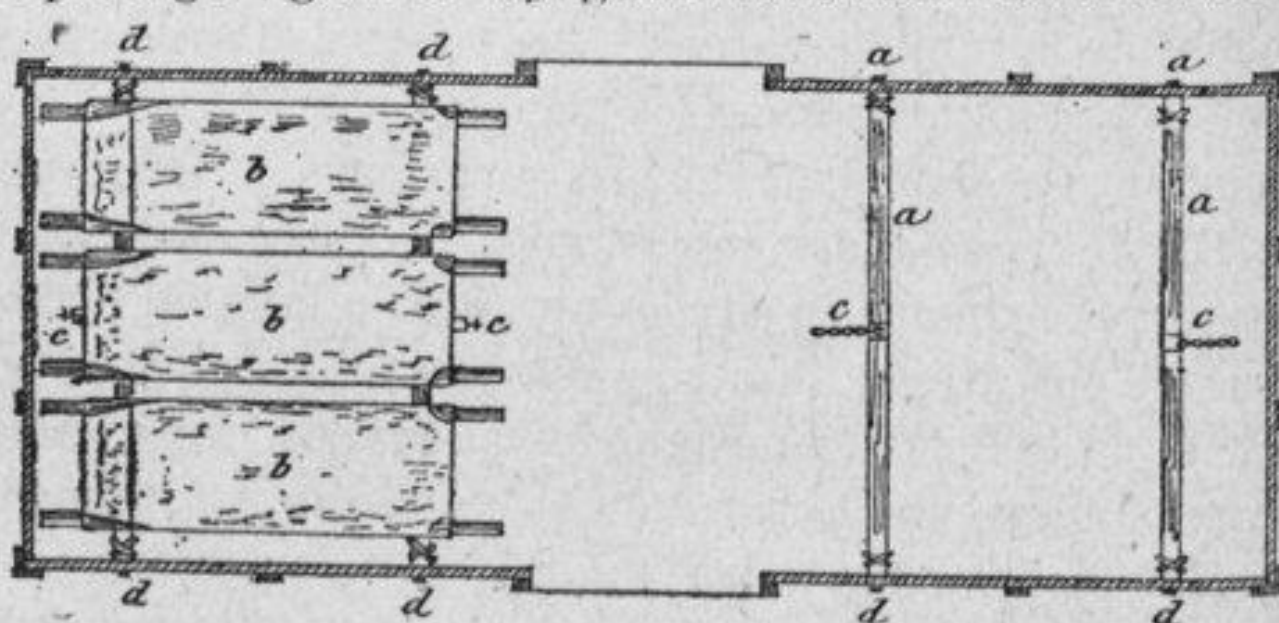


Fig. 186.

taires atteints de blessures légères et pouvant être transportés assis.

Pour le transport des malades ou blessés couchés, on aménage des wagons à

marchandises couverts, comme il est indiqué (fig. 186 et 187).

Les voitures qui ont servi à des transports de malades et de blessés ne sont employées à nouveau qu'après avoir été désinfectées.

Les trains d'évacuation sont de différentes espèces :

1° Les trains sanitaires permanents;

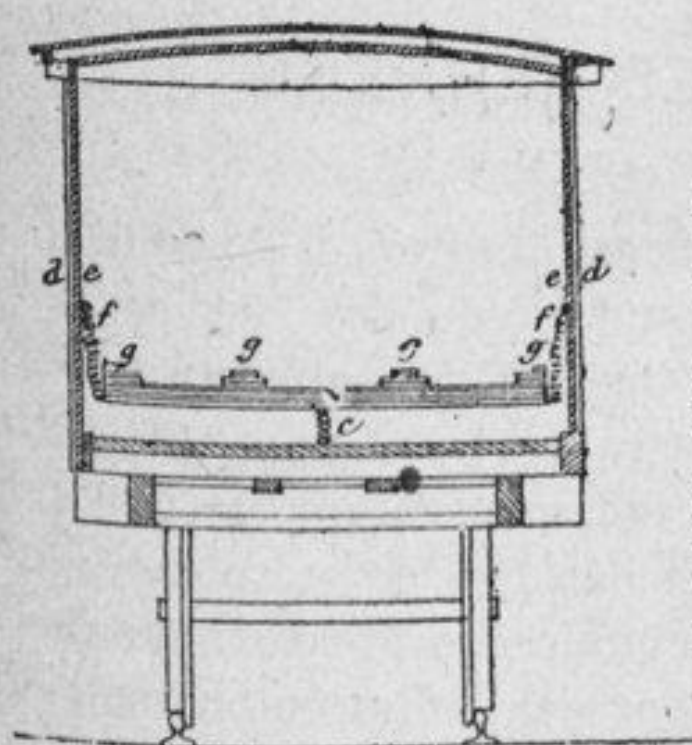


Fig. 187.

LÉGENDE
des fig. 186 et 187

- a Traverse de suspension des brancards.
- b Brancard.
- c Courroie de brélage.
- d Boulon d'attache.
- e Ecrou à bécaille.
- f Ressort de suspension.
- g Support de brancard.

2° Les trains sanitaires improvisés;

3° Les trains ordinaires ou spéciaux.

336. 1° *Les trains sanitaires permanents* sont composés de voitures spécialement construites ou aménagées pour le transport des malades et blessés les plus grièvement atteints, qui ne pourraient supporter les transports par les voitures ordinaires, et qu'il importe cependant, dans l'intérêt de l'armée, d'évacuer du théâtre des opérations.

Ils sont organisés dès le temps de paix ou pendant la période de préparation à la guerre, dotés d'un personnel spécial, et répartis par le ministre entre les différentes armées.

Chaque voiture porte l'insigne de la Convention de Genève et la désignation de *Train sanitaire permanent*.

Ces trains constituent de véritables hôpitaux roulants et sont administrés comme tels. Le service médical s'y fait sans interruption, l'alimentation est préparée dans le train lui-même.

2° *Les trains sanitaires improvisés* se

composent de voitures à marchandises couvertes et aménagées comme il a été dit plus haut.

Le fanion de la Convention de Genève, accompagné du fanion national, est arboré sur la première voiture. En outre, sur chaque wagon, on inscrit un numéro d'ordre et l'on place alternativement sur l'une ou l'autre des faces latérales l'insigne de la Convention de Genève.

L'exécution du service est confiée à un personnel fourni par l'hôpital d'évacuation. Ce personnel aménage avec le concours des agents des gares les voitures des trains improvisés, installe les malades et les blessés et assure le service médical pendant la route.

337. 3° *Les trains ordinaires* sont surtout employés pour évacuer les malades et blessés légèrement atteints sur les hôpitaux et dépôts de convalescents établis le long des voies ferrées dans la zone de l'arrière; des places sont réservées à quelques infirmiers de l'hôpital d'évacuation.

En cas d'urgence, des trains spéciaux peuvent être organisés au moyen de voitures à voyageurs pour le transport des malades voyageant assis, afin de parer aux agglomérations subites de malades et de blessés à la suite d'épidémies ou d'engagements importants. Ces évacuations portent le nom de convois de malades.

En règle générale, ces trains ne voyagent que de jour. Une infirmerie de gare désignée à cet effet assure l'alimentation et procure le logement.

Dans les trains spéciaux, les wagons contenant les malades ou blessés qui réclament les plus grands ménagements sont toujours placés dans le milieu du train, où les secousses et les chocs sont moins sensibles; dans les trains ordinaires, les voitures contenant les malades ou blessés sont placées au milieu du train.

On donne généralement aux trains d'évacuation une marche plus rapide qu'aux trains ordinaires de troupes; toutefois, à

moins de circonstances exceptionnelles, la vitesse moyenne de ces trains ne doit pas dépasser 40 kilomètres à l'heure.

Dès que le départ d'un train d'évacuation est arrêté, le commandant ou le commissaire de gare de point de départ fait connaître par voie télégraphique aux commandants ou commissaires des gares de

stationnement ou d'arrivée l'effectif d'évacuation, l'heure d'arrivée aux gares et le nombre de rations à faire préparer.

Il prévient notamment le commandant de la gare d'arrivée du nombre de malades ou blessés gravement atteints qui doivent être transportés couchés à l'hôpital.

§ XV. — PROTECTION DES VOIES FERRÉES

338. Au point de vue des opérations stratégiques de l'ennemi, cette protection est du ressort des opérations militaires dirigées par le grand état-major général.

Les corps qui couvrent les stations de tête dans la ligne du déploiement de l'armée les protègent directement.

Les commandants d'étapes doivent prendre toutes les mesures nécessaires pour protéger contre les partisans, la voie, les ouvrages d'art et les trains.

Sur les sections dont la voie est exposée aux tentatives de l'ennemi, la plus grande prudence doit présider à l'expédition et à la conduite des trains. Leur expédition doit être précédée de l'échange, avec les postes en avant, de renseignements sur l'état du chemin à parcourir.

Si l'on prévoit que le train peut être attaqué, le chef de la troupe embarquée prend la direction du train, et les agents techniques de l'exploitation doivent déférer à ses ordres.

Dans les mêmes circonstances, les trains de matériel reçoivent une escorte d'infanterie placée dans les premières voitures, et qui se tient prête à descendre au premier signal. Le chef de l'escorte prend la direction du train.

Ordre de service pour les signaux et la circulation des trains militaires.

339. On conçoit très bien que, avec l'exploitation militaire, surtout pendant

les périodes de mobilisation et de concentration, pendant lesquelles les trains chargés de troupes et de matériel se succèdent à intervalles très rapprochés, il est nécessaire, indispensable même, d'ajouter de nouvelles mesures de précautions à celles déjà si rigoureuses prises par les compagnies pour l'exploitation ordinaire.

C'est pour cette raison que la Commission supérieure a préparé d'avance et fait approuver au ministre un ordre de service spécial pour l'exploitation militaire des chemins de fer en temps de guerre.

Nous allons résumer ci-après les principales dispositions de cet ordre.

340. Signaux. — Tout signal rouge (feu ou drapeau) commande l'arrêt immédiat ; à défaut de couleur rouge, tout objet vivement agité, le jour, et tout feu, de quelque couleur qu'il soit, vivement agité la nuit, commande aussi l'arrêt immédiat.

Le signal de ralentissement est fait avec un drapeau vert pendant le jour, avec un feu vert pendant la nuit. Le mécanicien doit alors réduire sa vitesse à 15 kilomètres à l'heure. Pour faire ralentir à une vitesse inférieure à 15 kilomètres, le garde présente le signal d'arrêt, et lorsque le train est arrêté il indique au mécanicien qu'il ne doit pas marcher à plus de 6 kilomètres à l'heure, et sur quelle étendue de parcours il doit se maintenir à cette vitesse.

Les signaux d'arrêt ou de ralentissement sont faits à 1000 mètres en avant

du point où se passe le fait qui motive le signal et doivent être maintenus pendant les dix minutes qui suivent le passage de chaque train.

Les stations et les bifurcations doivent, en principe, être pourvues dans les deux sens de disques fixes placés à 1 000 mètres au moins en avant du premier changement de voie.

Le disque ouvert présente un feu blanc et indique que la voie est libre. Le disque fermé présente un feu rouge et commande l'arrêt. Pendant la nuit, un disque éteint est considéré comme un disque fermé, et par suite commande l'arrêt.

Sur les sections à double voie, les disques d'entrée sont tenus ouverts lorsque la voie est libre. Ils sont refermés lorsque le train les a dépassés et maintenus dans cette position au moins pendant dix minutes.

Sur les sections à voie unique, les disques d'entrée sont tenus constamment fermés sauf pendant le temps nécessaire pour l'entrée de chaque train.

Dans le cas où les signaux fixes n'existent pas, ils sont remplacés jour et nuit, par des agents porteurs de signaux à la main et chargés d'assurer ainsi la sécurité de la circulation.

Tout agent, quel qu'il soit, doit obéissance passive aux signaux.

341. Circulation des trains. — Aucun train ne peut partir d'une gare avant l'heure fixée par les tableaux de marche, ni avant qu'il se soit écoulé 10 minutes au moins depuis le départ du train marchant dans le même sens.

Avant le départ, le chef de gare et le conducteur chef de train doivent s'assurer que les agents desservant un train sont bien munis de tous les objets nécessaires pour faire les signaux de jour et de nuit.

Tout chef de gare qui reçoit un avis ou une dépêche relative à la circulation d'un train doit les transmettre par écrit au conducteur chef ou au mécanicien, et en prendre reçu.

Les aiguilles prises en pointe sont toujours disposées de manière à donner la voie que les trains doivent parcourir. Le levier est cadenassé dans cette position pendant l'absence de l'aiguilleur.

La traversée de toutes les stations que les trains ont à franchir sans s'arrêter, doit toujours être opérée lentement. Les mécaniciens règlent leur marche de manière à pouvoir arrêter au premier signal qui leur sera fait.

Lorsque, pour une cause quelconque, un train est arrêté en pleine voie, il doit être immédiatement couvert en arrière, à 1000 mètres au moins.

Lorsqu'un train a besoin d'être secouru, la demande de secours doit être faite par écrit par le conducteur chef de train et indiquer : 1° la nature des faits motivant le secours; 2° la désignation aussi précise que possible du lieu où le train est arrêté.

La demande de secours est portée, soit par la machine elle-même, si elle peut continuer sa marche, soit par un agent du train, soit de gare en gare jusqu'au poste télégraphique le plus proche en avant ou en arrière, et transmise par celui-ci au poste de secours le plus voisin.

Si le secours a été demandé à un poste situé en avant du train en détresse et à contre-voie, ce train ne doit plus bouger, quoi qu'il survienne, avant l'arrivée de la machine de secours, et il doit être couvert en avant et en arrière.

Si le secours a été demandé en arrière, ce train est seulement couvert en arrière et peut se remettre en marche avant l'arrivée de secours, soit que l'obstacle qui s'opposait à sa marche ait disparu, soit qu'il ait été accosté et poussé par un second train survenant dans le même sens.

342. Règles spéciales aux lignes à double voie. — Sur les lignes à double voie, les trains doivent toujours suivre la voie de gauche par rapport au sens de la marche.

Toute circulation à contre-voie est formellement interdite.

Il ne peut être dérogé à cette règle qu'en cas d'accident de réparation de voies ou de secours, et sous la condition absolue que l'agent qui autorise ce mouvement a acquis la certitude, par écrit ou par voie télégraphique, que le train ou la machine expédiée à contre-voie ne peut être rencontré par un train ou une machine venant en sens opposé.

Lorsque, pour un motif quelconque, un train a besoin d'être secouru, le conducteur-chef qui demande le secours doit indiquer, outre les prescriptions habituelles, si le secours doit être envoyé à contre-voie. Dans ce cas, cette demande est accompagnée d'une autre, signée par le chef de train renfermant l'assurance que ce train, qu'il ne doit quitter sous aucun prétexte, ne bougera pas, quoi qu'il arrive; et le train est couvert à 100 mètres au moins en avant et en arrière.

Une machine qui se rend au secours, à contre-voie, ne peut commencer le mouvement à contre-voie qu'à partir de la station qui précède immédiatement le point où se trouve le train à secourir, et le chef de cette station ne doit autoriser le mouvement que si le mécanicien est porteur de la demande écrite du secours à contre-voie.

En cas d'accident interceptant les deux voies, toutes dispositions doivent être prises pour que les signaux d'arrêt soient immédiatement portés à 1 000 mètres au moins de chaque côté du point obstrué.

Lorsque l'une des voies est obstruée, la circulation des trains est reportée sur la voie restée libre entre les deux stations situées en deçà et au delà du point obstrué.

Si le télégraphe fonctionne, les agents des stations et des trains se conforment à toutes les prescriptions relatives à la circulation des trains sur une voie unique.

Si le télégraphe ne fonctionne pas, il est procédé au pilotage des trains de la manière suivante:

1° Un employé muni d'un drapeau portant ces mots: *Laissez passer*, ou, à défaut

de ce drapeau, d'une autorisation signée par les deux chefs des stations entre lesquelles a été concerté le pilotage, est seul chargé d'accompagner les trains sur la voie unique.

2° Les aiguilleurs de service aux deux stations reçoivent, par écrit, l'ordre de ne laisser engager sur cette voie unique aucun train qui ne serait pas accompagné de l'employé pilote.

3° Les signaux fixes des deux stations entre lesquelles est concerté le pilotage sont maintenus constamment à l'arrêt et doublés par des signaux à main.

4° Le premier train qui circule sur la voie unique temporaire, en sens contraire à la circulation normale, marche lentement, de manière à pouvoir renseigner les garde-lignes et gardiens de passage à niveau, sur le changement provisoire opéré dans le mouvement des trains.

5° Si deux ou plusieurs trains marchant dans le même sens doivent se suivre d'assez près pour que l'employé pilote, après avoir accompagné le premier, ne puisse revenir à temps pour prendre le second sans occasionner à celui-ci un retard considérable, l'employé pilote engage le premier sur la voie unique, revient prendre le second, puis les trains suivants, et n'accompagne jamais que le dernier.

A moins d'ordres contraires, les trains chargés doivent passer devant les trains de matériel vide, et les trains se dirigeant vers l'armée avant ceux qui en viennent.

Les trains facultatifs prévus au tableau de service sont mis en marche sur un simple avis télégraphique passé de gare en gare.

Les trains spéciaux extraordinaires sont formés et expédiés suivant les besoins du service.

343. Règles spéciales aux lignes à voie unique. — Aucun train ne peut quitter une station sans avoir reçu le signal de départ annonçant que la voie est libre, et le chef de station ne peut donner ce si-

gnal qu'après s'être assuré de ce fait par le télégraphe.

Les dépêches à passer dans ce cas sont ainsi libellées :

Demande : Dernier train reçu est train n°... Le train n°... peut-il partir ?

Réponse : Dernier train expédié est train n°... Oui, le train n°... peut partir.

Le chef de station donne alors le signal du départ et passe à la station vers laquelle se dirige ce train la dépêche ci-après :

Le train n°... part.

En cas de croisement de deux trains à une station, la demande est ainsi formulée :

Le train n°... est arrivé. Le train n°... peut-il partir ?

344. Les points de croisement de tous les trains sont indiqués dans les tableaux et notifiés au personnel.

En cas de retard des trains rendant leurs croisements impossibles aux stations où ils sont prévus, on doit procéder comme il suit :

Si le télégraphe fonctionne d'une manière certaine, le chef de service à la station se concerta avec le chef de la première gare située du côté du train en retard, et, s'il en reçoit l'assurance que le train en retard n'est pas arrivé à cette gare et qu'il sera gardé jusqu'à l'arrivée du train marchant en sens contraire, il donne au train qu'il a en gare l'ordre de continuer jusqu'à la gare avec laquelle il s'est mis d'accord.

Là, le chef de service peut, à son tour, en prenant les mêmes précautions, faire continuer le train jusqu'à la gare où le croisement peut avoir lieu.

Dans ces circonstances, les dépêches suivantes doivent être échangées :

1° Dépêche adressée du côté du train en retard : Train n°... est-il arrivé à votre gare ?

2° Réponse : Non, train n°... est en retard de...

3° Arrêtez train n°..., je vous envoie train n°...

4° Réponse : j'arrêterai train n°..., expédiez train n°...

Une fois le changement de croisement arrêté de cette façon, la gare qui doit expédier le train passe les dépêches de demande de voie libre, lance son train et annonce son départ.

Tout retard d'au moins 10 minutes doit être annoncé à tous les postes en avant, jusqu'au premier dépôt de machines.

Lorsque le télégraphe ne fonctionne pas, tout changement de croisement est formellement interdit.

345. Les trains facultatifs peuvent être mis en marche dans les conditions suivantes :

1° Si le télégraphe fonctionne, le train doit être annoncé de gare en gare, et l'agent chargé de le mettre en marche ne doit pas le laisser partir, avant d'avoir reçu télégraphiquement de toutes les gares situées sur son parcours, y compris la gare terminus, l'accusé de réception de l'avis de mise en marche.

En outre, le chef du train régulier qui précède le train facultatif doit être porteur d'un ordre de service annonçant la mise en marche de ce train, et il le fait signer par tous les chefs de gare sur son passage.

3° Si le télégraphe ne fonctionne pas aucun train facultatif ne peut être mis en marche que si la gare expéditrice a devant elle le temps nécessaire pour envoyer, par les trains réguliers, à toutes les gares intéressées, l'ordre de mise en marche de ce train et recevoir, avant l'heure de départ du train facultatif, ce même ordre signé par tous les chefs de gares.

346. Les trains spéciaux extraordinaires ne sont mis en marche qu'en cas d'absolue nécessité. Ils ne peuvent être formés ou expédiés que sur l'ordre des commissions de chemins de fer de campagne, ou du directeur des chemins de fer et des étapes.

CHAPITRE IX

DESTRUCTION DES VOIES FERRÉES

§ I. — GÉNÉRALITÉS

347. Principes généraux. — Lorsqu'une armée est forcée de battre en retraite, elle emploie tous les moyens possibles pour retarder la marche de l'armée adverse, et par conséquent opère le plus de destruction qu'elle peut sur les voies de communications, routes, ponts, chemins de fer.

Ces derniers étant, comme on l'a vu, d'une importance capitale au point de vue des ravitaillements, on comprend combien ces destructions seront préjudiciables à l'ennemi, qui sera obligé, ou bien de réparer les voies ferrées détruites, avant de se remettre en route, ou de se séparer de ses magasins, ce qu'il ne pourra faire que pendant quelques jours et avec beaucoup de difficultés.

La destruction du viaduc de Dannemarie, en 1870, empêcha les Allemands d'utiliser la voie ferrée au delà de ce point, pendant toute la durée de la campagne; il en fut de même pour la destruction du pont de Clerval-sur-le-Doubs; celle du pont de Creil eut pour résultat d'obliger les Allemands à construire à grand'peine un pont provisoire sur lequel les locomotives ne purent jamais circuler, et qui permettait simplement de faire passer les wagons un à un, d'une rive à l'autre. Un résultat considérable eût également été obtenu si

l'on avait fait sauter le tunnel de Saverne après la retraite de l'armée de Mac-Mahon.

Un autre grand principe stratégique, c'est l'extrême importance des communications en arrière d'une armée, aussi bien des routes que des voies ferrées.

Or, parmi les opérations tournantes que l'ennemi peut entreprendre, celles qui consistent à agir avec de grandes forces, pour couper la retraite à l'armée en l'enveloppant, sont indépendantes du sujet actuel, et ce n'est pas le lieu de les traiter ici; tandis que l'envoi de petits corps isolés, ayant pour but d'enlever un convoi ou de détruire la ligne de communication sur quelques points, produira des résultats plus ou moins importants, suivant la nature du procédé de ravitaillement que l'on emploie, et exigera des précautions différentes dans les deux cas.

Les convois de chemins de fer seront certainement plus difficiles à enlever, à cause de leur mobilité; mais les destructions auxquelles on peut se livrer sur cette ligne entraîneront avec elles des conséquences plus graves et tenteront toujours un ennemi actif. Aussi, pendant la guerre de la Sécession, où l'on a fait un grand usage des chemins de fer, a-t-on vu le général Stuart et plusieurs autres exécuter les pointes les plus hardies, avec de la

cavalerie, pour bouleverser la voie et les ouvrages d'art.

On aura donc désormais à se garder sérieusement contre ce genre d'entreprises, et ce ne sera pas toujours facile; il pourra fort bien arriver que des partisans ou une troupe hardie parviennent à tromper la vigilance de l'occupant et à détruire des ouvrages d'art importants exigeant un temps trop long pour leur rétablissement, d'où il en résultera une entrave considérable pour le ravitaillement de l'ennemi.

Les considérations qui précèdent ont eu pour but de faire ressortir l'importance

considérable qu'il peut y avoir à interdire à l'ennemi l'usage des voies ferrées, pendant un temps plus ou moins long, par des destructions; mais on verra plus loin qu'il n'est pas indifférent de détruire telle ou telle partie de la voie; de plus, ces opérations doivent presque toujours être effectuées rapidement et avec méthode: pour toutes ces raisons, il est donc indispensable de connaître: 1° sur quels points doivent être tentées de préférence les destructions; 2° quels sont les moyens les plus sûrs et les plus rapides pour exécuter ces opérations de la manière la plus rapide et la plus efficace.

§ II. — MÉTHODES DE DESTRUCTION

348. Méthode de destruction. — La nature des détériorations varie suivant qu'on se propose ou non de reprendre bientôt possession de la voie, ou qu'on opère sur des chemins au pouvoir de l'ennemi.

L'étendue des travaux à entreprendre dépend du temps et des ressources dont on dispose.

Le choix des points à détruire doit porter de préférence sur les bifurcations, sur les parties en courbe, sur celles en remblais ou en tranchées, sur les ouvrages d'art dont la situation est telle qu'il serait difficile d'établir une voie de déviation pour contourner l'obstacle.

Pour mettre hors de service une ligne à deux voies, il ne suffit pas de détruire les rails sur une longueur plus ou moins grande, car, dans ce cas, l'ennemi aura bien vite rétabli l'une des deux voies à l'aide du matériel emprunté à l'autre; il faut donc agir sur le corps du chemin, soit en opérant des coupures, soit en comblant les tranchées, ou mieux encore en détruisant les ouvrages d'art.

Pour mettre hors de service une voie unique, on peut se contenter, si l'on manque de temps nécessaire pour opérer de grandes obstructions, de démonter la voie ou de briser les rails à la dynamite.

Les destructions devront toujours être entreprises sur plusieurs points à la fois, sauf à les faire moins considérables, car on obligera ainsi l'ennemi à n'amener son matériel et à n'entreprendre la réparation que successivement.

D'une manière générale, il faudra aussi détruire le matériel roulant et le matériel de réserve de la voie, si on ne peut les évacuer.

Nous allons indiquer ci-après la manière d'opérer les destructions de voies ferrées dans les différents cas; les méthodes et procédés que nous allons exposer sont ceux qui sont enseignés et mis en pratique à l'école des chemins de fer du génie à Versailles.

Il a été fait, et l'on continue à faire, à Versailles de nombreuses expériences sur tout ce qui concerne les voies ferrées, aussi bien pour la construction, la des-

truction ou la réparation de ces chemins que pour l'exploitation des lignes ferrées en temps de guerre.

Aussi la plupart des méthodes enseignées et pratiquées dans cette école peuvent être considérées comme les meilleures à employer dans chaque cas particulier ; nous aurons soin de faire remarquer pour certains procédés, tels que la rupture des ponts en fer, que les expériences faites jusqu'ici ne sont pas suffisamment concluantes, et que l'on ne doit considérer les formules données que comme des indications.

La question la plus difficile sera toujours de reconnaître quel est le procédé le plus avantageux pour chaque cas particulier en tenant compte du temps que l'on a devant soi et des moyens d'exécution dont on dispose.

349. Nature des destructions. — Les différents travaux que l'on peut entreprendre pour mettre hors de service d'une manière plus ou moins complète des voies ferrées, sont les suivants :

- 1° Enlèvement du matériel de la voie ;
- 2° Mise hors de service du matériel de la voie sans le secours de matières explosives ;
- 3° Rupture des rails au moyen de matières explosives ;
- 4° Destruction des appareils des gares ;
- 5° Destruction du matériel roulant ;
- 6° Destruction des terrassements ;
- 7° Destruction des ponts et des viaducs en maçonnerie ;
- 8° Destruction des ponts en bois ;
- 9° Destruction des ponts métalliques ;
- 10° Démolition des tunnels ;
- 11° Destruction extérieure.

I. — Enlèvement du matériel de la Voie.

350. Ce procédé s'appliquera plus particulièrement aux lignes à voie unique, pour les raisons que nous avons exposées plus haut.

Pour transporter le matériel d'une voie simple de 1 kilomètre de longueur, il faut 19 wagons, dont 8 pour les rails et 11 pour les traverses.

Le train d'évacuation est arrêté à environ 50 mètres de distance du premier rail à démonter. On procède par tronçons de 4 à 5 longueurs de rails, de manière à réduire les transports à bras, et à produire, dans le cas d'une retraite inopinée, une destruction complète d'une partie de la voie, ce qui est préférable à une plus grande longueur incomplètement détruite.

Le travail, pour être exécuté dans de bonnes conditions de vitesse, exige environ 75 hommes, que l'on répartit en 6 brigades de la manière suivante :

La 1^{re} brigade, composée de 20 hommes et un surveillant, dégarnit les traverses du ballast, sur toute la longueur de la coupure, puis elle vient aider au transport et au chargement du matériel.

La 2^e brigade, composée de 8 hommes et un surveillant, procède au déboulonnage des éclisses.

La 3^e brigade, forte de 16 hommes, se place, à raison de 8 hommes, sur chaque file pour arracher ou dévisser les attaches qui sont à l'intérieur de la voie ou pour chasser les coins lorsque la voie est à coussinets.

La 4^e brigade comprend 4 hommes, se répartissant 2 sur chaque fils de rails ; ils sont chargés de renverser les rails ou de dégager les traverses du ballast en les soulevant à chaque bout avec leurs pinces.

La 5^e brigade est de 3 hommes seulement ; elle a pour mission de ramasser les attaches et de faire sauter celles qu'on ne peut arracher.

La 6^e brigade, composée de 24 hommes et un surveillant, est destinée à transporter et à charger sur les wagons les rails et les traverses.

Il faut environ 10 heures à un semblable atelier pour démonter et charger le matériel d'un kilomètre de voie.

II. — Mise hors de service du matériel sans le secours de matières explosives.

On dispose rarement du temps et du nombre de wagons nécessaires pour enlever le matériel d'une voie, en temps de guerre; de sorte qu'on se borne le plus souvent à détériorer ce matériel.

On procède, pour le démontage, comme il a été dit ci-dessus, avec cette différence que l'on brise les écrous, les tire-fonds ou les coussinets, suivant la nature de la voie.

S'il se trouve un cours d'eau à proximité, on y jettera les rails, sinon on les mettra hors de service en les plaçant sur un bûcher formé par les traverses et les matières combustibles que l'on trouvera sous la main. L'action de la chaleur fera courber les rails.

Un autre moyen de détériorer le matériel consiste à pratiquer la démolition de la voie par un remblai; on enlève les éclisses et le ballast, de façon que les traverses puissent être saisies par un bout, soulevées et renversées avec leurs rails. On fait ensuite sauter les attaches à coups de masse, puis, si l'on a le temps, on met les rails hors de service comme il vient d'être dit plus haut.

III. — Rupture des rails au moyen de matières explosives.

On peut interrompre les voies ferrées en employant beaucoup moins d'hommes et de temps au moyen de matières explosives.

On sait que certaines matières explosives, la dynamite et la mélinite entre autres, jouissent de la propriété de se décomposer brusquement sous un choc violent, en dégageant une énorme quantité de gaz, volume de gaz qui dépasse dix fois celui de la poudre. La déflagration instantanée de ces composés a pour conséquence de donner aux gaz une pression considérable, de sorte qu'ils produisent des effets brisants d'une grande

violence, qu'on utilise pour les destructions à faire en campagne.

En principe, il suffit de poser simplement les explosifs contre l'obstacle à renverser, sans aucune espèce de bourrage, mais on perd ainsi une partie notable de l'effet destructeur; aussi est-il préférable, pour peu qu'il y ait possibilité, de recouvrir les charges d'une certaine quantité de terre, ou tout au moins de caler les charges contre l'obstacle au moyen de bâtons portés dans la poche ou à la main.

Jusqu'à ces derniers temps, on avait donné en France la préférence à la dynamite pour les destructions en général, et particulièrement pour celles des voies ferrées à exécuter par la cavalerie, mais

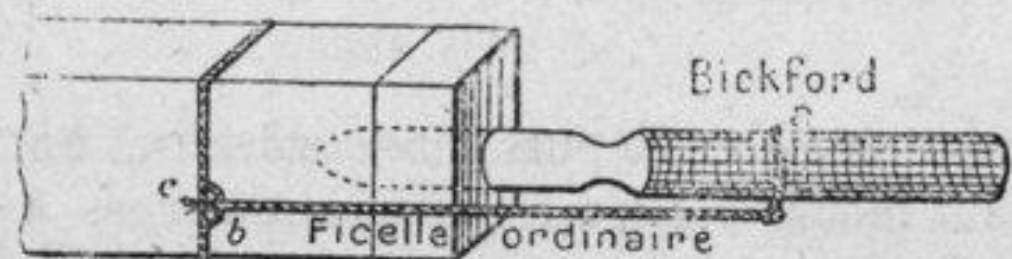


Fig. 188.

cette substance présentant certains inconvénients que n'offre pas la mélinite, on a remplacé la dynamite par cette dernière.

Tout ce qui concerne la fabrication ou la conservation de cet explosif brisant étant tenu secret, nous nous bornerons à indiquer son mode d'emploi pour la cavalerie.

Le *pétard* à l'usage de la cavalerie se compose d'une enveloppe de laiton contenant 135 grammes de matière. Sur chacun des fonds est soudé un petit tube faisant saillie à l'intérieur, destiné à recevoir la capsule. L'orifice de ce tube est recouvert par un ruban, qu'on arrache au moment de l'amorçage. Le tout est enveloppé de papier.

L'*amorce* est un cylindre ou capsule en cuivre renfermant 1 gramme 5 de fulminate de mercure qui, par son explosion, provoque celle du pétard.

Un morceau de cordeau *Bickford* sert à amener l'explosion de l'amorce. Une extrémité de ce cordeau est enfoncée dans une capsule de manière à toucher le ful-

minate ; on arrache le ruban du tube et l'on introduit la capsule le plus à fond qu'on peut. La figure 188 représente une capsule amorcée.

Pour mettre le feu, on rafraîchit l'extrémité du cordeau et l'on met le feu au bickford au moyen d'un morceau d'amadou, d'une mèche de fumeur ou d'une allumette.

En tenant dans la main gauche les ex-

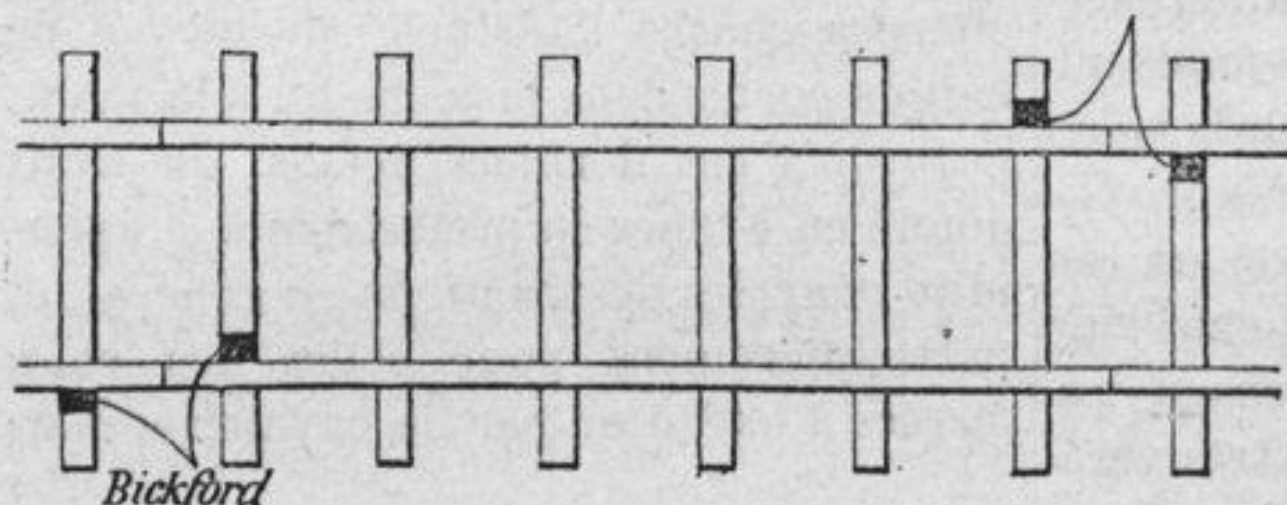


Fig. 188 bis.

trémités libres de plusieurs cordeaux, on peut mettre le feu à plusieurs charges à la fois.

353. Rupture d'un point de la voie. — Lorsqu'on est obligé d'opérer rapidement, avec peu de monde et d'engins, on se borne à détruire un point de la voie, soit par une rupture simple, soit par une rupture double.

Deux pétards suffisent pour briser un

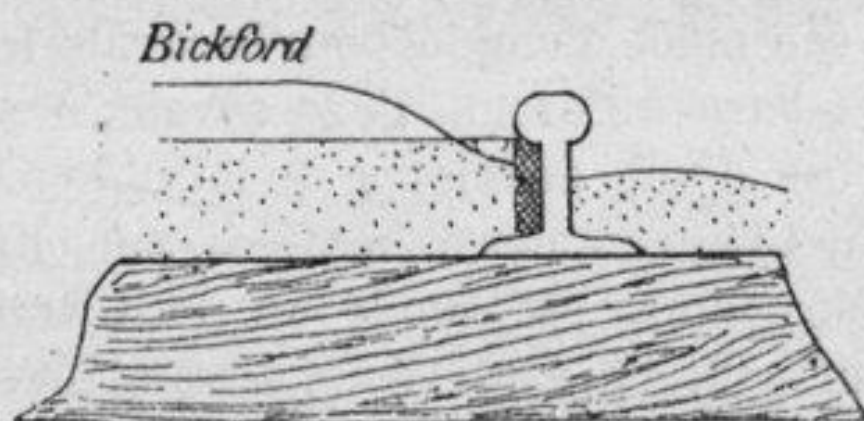


Fig. 189.

rail, quelle que soit sa forme, qu'il soit de fer ou d'acier.

Pour une *rupture simple* (fig. 189 et 190), on juxtapose longitudinalement l'un sur l'autre deux pétards, dont celui du dessus est seul amorcé, à l'extérieur ou à l'intérieur de la voie, entre deux traverses, en ayant soin que le contact avec le rail soit aussi grand et aussi parfait que possible. On bourre aussi bien qu'on le peut, pour

augmenter l'effet de l'explosion, en fixant la charge contre les rails au moyen d'un peu de terre de ballast ou de quelques pierres ; on obtient, par l'explosion, une brèche de 0^m,40 à 0^m,50.

La disposition à l'intérieur du rail est toujours préférable, car elle n'a pas à compter avec la résistance du ballast et elle amène une courbure du rail favorable au déraillement. Mais cette disposition nécessite le dégagement de l'âme du rail et augmente ainsi légèrement la durée de l'opération.

La *rupture double*, qui consiste en deux ruptures simples, assure mieux le déraillement d'un train. Pour cela, les deux charges, espacées d'environ 1^m,50 et séparées par une traverse, sont placées l'une à

l'extérieur, l'autre à l'intérieur des rails, dans la gorge formée par le champignon et le patin du rail (fig. 191) ; on fait un bourrage par-dessus en ramenant le ballast ou en empruntant la terre sur les

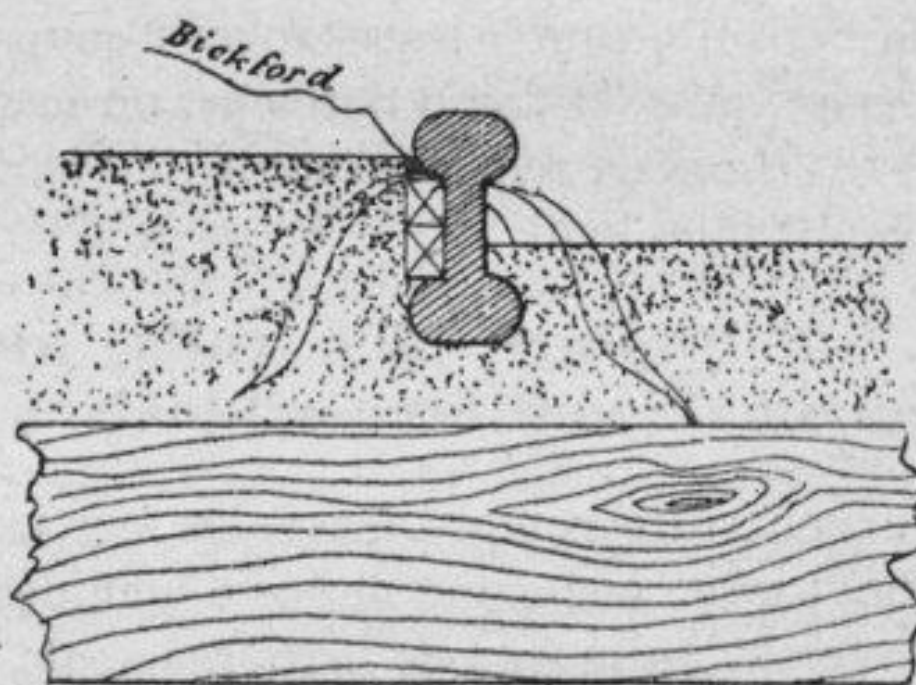


Fig. 190.

accotements. De cette manière, on évite la non-simultanéité des deux explosions qui amènerait le déplacement de la charge non partie et diminuerait l'effet à produire.

Dans chaque charge, l'une des cartouches est amorcée au moyen d'une capsule fulminante, placée dans le logement *ad hoc* et à laquelle est fixée un bout de cordeau bickford ou fusée lente de 0^m,50 à 1 mètre de longueur.

Pour mettre le feu, on réunit les deux mèches dans une main, et l'on met le feu de l'autre main. Outre les deux ruptures de 1^m,20 à 0^m,40, à chaque charge, le rail est plus ou moins déplacé sur une longueur de 1^m,50 à 1^m,80. En pratiquant une rupture double sur les deux rails opposés, on assure complètement l'interruption de la voie.

Pour mettre le feu au bickford, on se sert d'une mèche à canon, d'un cigare ou d'un porte-feu; on arrive à l'allumer rapidement en coupant le bout en biseau et en y engageant un petit morceau d'amadou. Pour être sûr qu'un bickford est allumé, on ne doit le quitter que lorsqu'on le voit fuser; on se retire alors dans la direction de la voie, à 200 mètres environ de distance.

Les bickfords des charges formant couple

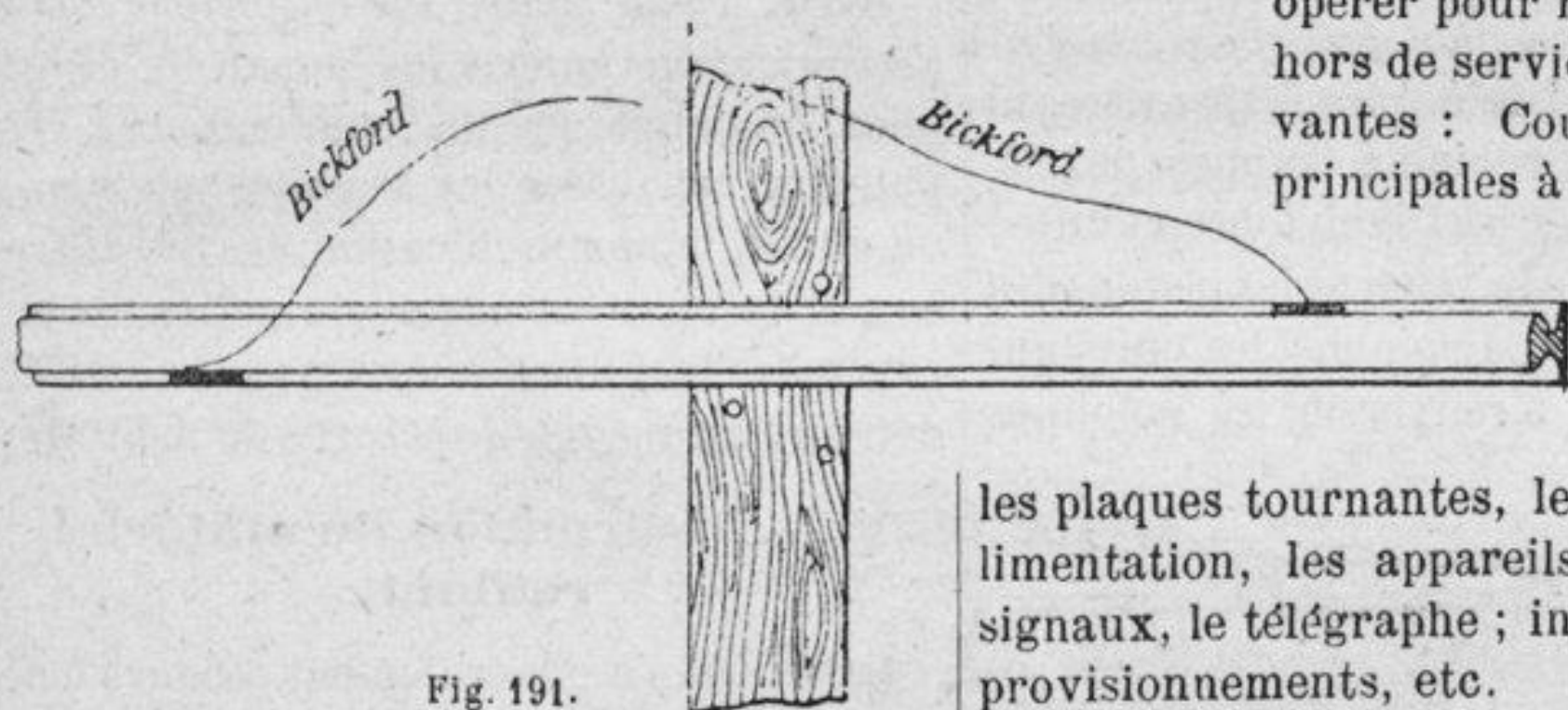


Fig. 191.

ont leurs extrémités tournées l'une vers l'autre pour que le même homme puisse les allumer presque en même temps, et qu'il ne soit pas surpris par l'une des explosions.

Deux charges ainsi disposées produisent une interruption d'au moins 1^m,50 de longueur. Quatre cavaliers peuvent ainsi mettre une voie hors de service, ou si la ligne a deux voies, il faut quatre cavaliers pour chaque voie, en opérant simultanément.

Deux ruptures doubles, exécutées vis-à-vis l'une de l'autre sur les deux rails de la voie, assurent complètement l'interruption de cette voie.

Quand la voie est établie en rails à patins, on peut, en plaçant cinq pétards contre le rail et sur une traverse, détruire cette traverse en même temps que le rail.

Deux charges de cinq pétards placés sur deux traverses non consécutives, et laissant entre elles une seule traverse, produisent la *rupture des deux traverses* sur lesquelles elles s'appuient, et une interruption de 2^m,40 de voie.

Lorsque la voie est établie en rails à double champignon, le coussinet empêche de mettre la charge à la fois contre le rail et sur la traverse, avec cinq pétards, la traverse et le coussinet sont brisés, mais le rail peut rester intact.

IV. — Destruction des appareils des gares.

354. Les principales destructions à opérer pour mettre une gare hors de service sont les suivantes : Couper les voies principales à l'entrée et à la sortie de la gare ; détruire les changements de voie,

les plaques tournantes, les appareils d'alimentation, les appareils de levage, les signaux, le télégraphe ; incendier les approvisionnements, etc.

355. Pour détruire un changement de voie, on enlève les aiguilles et les tringles de manœuvre, on casse les boîtes, on enlève également les pointes de cœur et les contre-rails de pointe. Une aiguille se détruit par une charge de deux pétards de mélinite serrée à l'aide d'un levier de manœuvre entre le milieu de l'aiguille et le rail contre-aiguille (fig. 192).

Si on a le temps, on démonte la communication en courbe, entre l'aiguille et le croisement ; on brûle les châssis et les traverses.

Pour briser un croisement, on place deux charges de deux pétards, l'une dans l'angle de la pointe de cœur, à l'endroit

où son épaisseur est double de celle des rails, et l'autre à la partie coudée des contre-rails de pointe (*fig. 193*). Une seule mise de feu suffit, comme pour la rupture double d'un rail.

356. *La destruction d'une plaque tournante* s'effectue de la manière suivante : faire tourner la plaque de manière que ses rails ne soient plus en concordance avec ceux des roues ; enlever les écrous des boulons de suspension du plateau mobile, soulever une partie du plancher qui recouvre la plaque, placer une charge de deux pétards sur le cercle de roulement des galets et y mettre le feu, ou une charge de trois ou quatre pétards contre l'axe de la plaque.

On commence toujours par celles qui conduisent aux remises, pour rendre impossible l'usage immédiat du matériel roulant qui s'y trouve.

357. *La destruction des appareils d'alimentation* consiste à faire disparaître ou à détériorer les robinets vannes des réservoirs ; à briser les tuyaux de conduite ; à enlever la transmission et les pistons des pompes à vapeur ; à combler les puits qui amènent l'eau ; à renverser les colonnes d'alimentation.

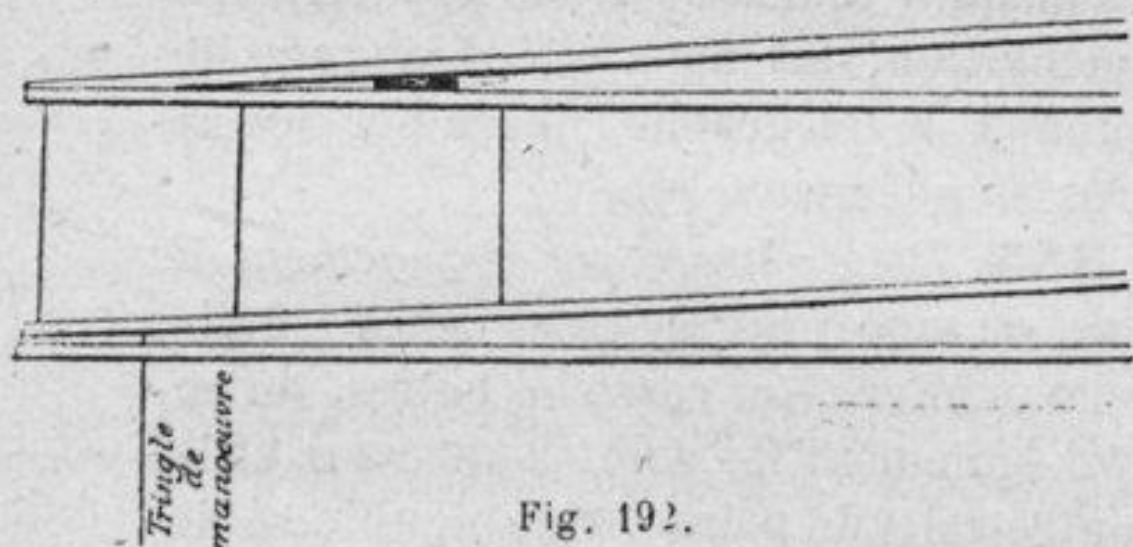


Fig. 192.

Lorsqu'on opère la destruction au moyen de matières explosives, on place des charges d'un pétard, suspendues au réservoir à l'aide d'une ficelle ; la détonation suffit pour crever la tôle au point de contact du pétard et produire un trou de 0^m,10 de diamètre. Si l'on ne veut que gêner momentanément l'alimentation d'eau, on s'attaquera simplement aux grues hydrauliques.

358. *Pour détruire les appareils de levage et les signaux fixes*, on les démonte et on fait disparaître les principales pièces ou bien on les fait sauter au moyen d'un pétard longitudinalement et aussi bas

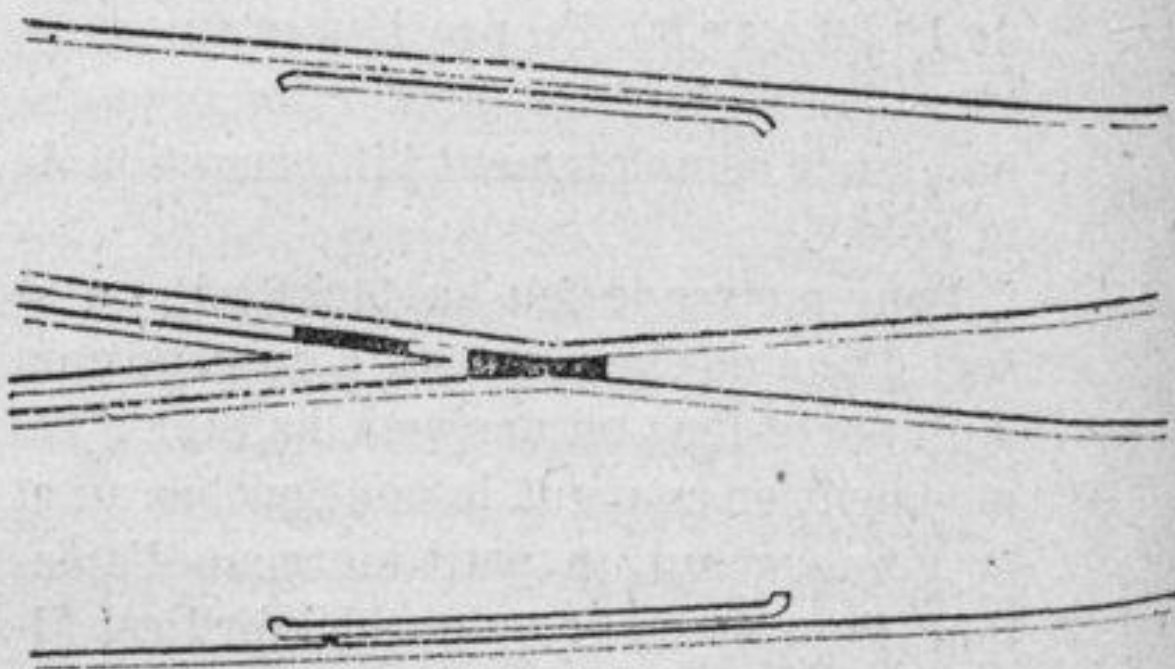


Fig. 193.

que possible contre l'axe de rotation des signaux, et trois ou quatre pétards contre l'arbre de la manivelle motrice des grues.

359. *Pour mettre un télégraphe hors de service*, on enlève les appareils et les piles, on coupe les fils conducteurs, les poteaux, on casse les isoloirs, ou bien, on établit la communication des fils entre eux et la terre au moyen de petits fils en cuivre faciles à dissimuler. On peut aussi les détruire au moyen de pétards de mélinite.

V. — Destruction du matériel roulant.

360. On n'a généralement recours à ce genre de destruction que lorsqu'on surprend du matériel dans une gare au pouvoir de l'ennemi, ou lorsqu'on est forcé d'évacuer promptement une gare sans avoir eu le temps de retirer le matériel.

361. *Pour mettre une locomotive hors de service*, on brise quelques-uns des organes essentiels, on détériore les injecteurs ou les pompes ; on emplît les tuyaux d'argile ou de matières quelconques ; on fait disparaître les bielles et le piston ; enfin, si la machine est en feu, on baisse le niveau de l'eau au-dessous du ciel du foyer, de manière à brûler ce dernier. Lorsqu'on procède à la destruction au moyen de matières explosives,

on place une charge de quatre pétards sur les bielles motrices, ou contre la plaque tubulaire, ou encore une charge de cinq pétards sur l'un des cylindres et l'on fait détoner.

Pour la mise hors de service momentanée d'une locomotive, il suffit de briser quelques tubulures, ou mieux la bielle avec une charge de trois pétards appliquée près de la tête de la bielle sur la barre.

Pour une dégradation plus grave, il faut s'attaquer aux cylindres, avec une charge de cinq pétards bien appliquée contre le fond du cylindre ou la boîte à vapeur.

362. *Pour mettre les wagons et les voitures hors de service*, on brise les ressorts au moyen d'une charge de trois pétards de mélinite placée au contact de la boîte à graisse et de l'essieu, ou contre la mentotte près du longeron ; il faut agir simultanément sur les deux appareils.

363. *Le moyen le plus expéditif*, si l'on a beaucoup de matériel à mettre hors de service, consiste à former un ou plusieurs trains, et à les mettre en marche sur une voie ou l'on a préparé un déraillement ; on aura ainsi du même coup détruit le matériel et fait une barricade qui peut être très utile à l'entrée d'une gare ou dans une tranchée.

VI. — Destruction des terrassements.

364. Cette destruction étant d'une réparation relativement facile, on n'y a recours que lorsqu'il n'y a pas d'ouvrage d'art sur la section de la ligne que l'on veut interrompre.

Les points que l'on choisira pour opérer cette destruction seront situés dans les parties en déblai ou en remblai, mais de préférence dans les premières, car le com-

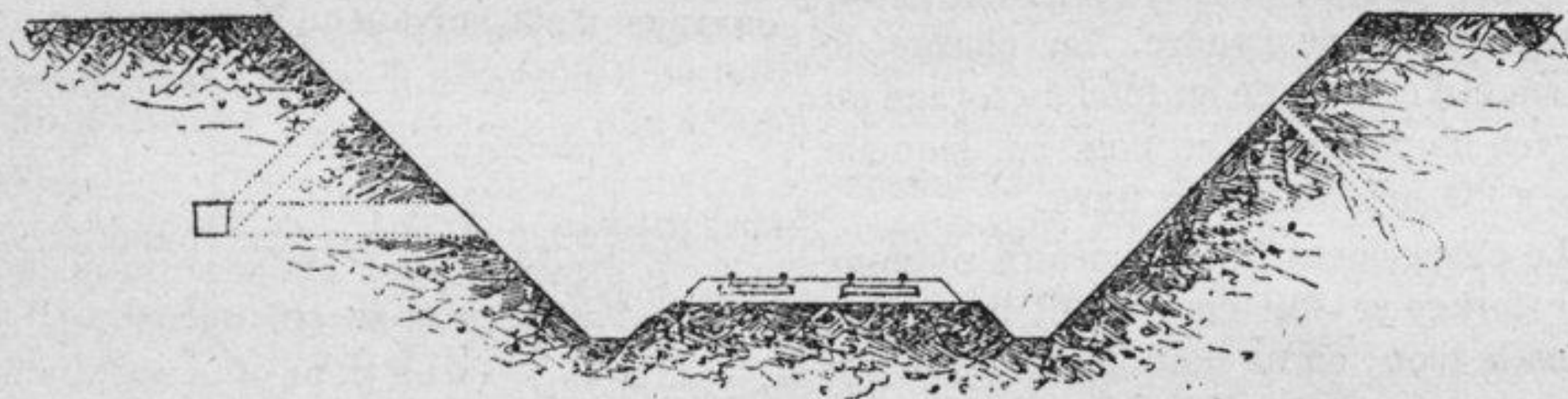


Fig. 194.

blement d'une tranchée produit une interruption plus importante que le bouleversement d'un remblai.

365. *Le comblement des tranchées* peut se faire au moyen de travailleurs, et c'est alors un travail de terrassement ordinaire.

Généralement, on comblera les tranchées par l'explosion de fourneaux de mines, car ce moyen est beaucoup plus efficace et plus rapide que le premier (fig. 194).

On choisit naturellement les endroits les plus profonds, surtout lorsque les parois latérales de la tranchée sont revêtues en maçonnerie, car il suffit alors d'établir des fourneaux d'un seul côté ; si la largeur de la tranchée est supérieure à 10 mètres

on met des fourneaux de chaque côté.

Les fourneaux sont établis un peu au-dessus du niveau de la voie, à une profondeur de 5 ou 6 mètres au moins, afin d'obtenir un éboulement suffisant pour combler la tranchée. Ils sont espacés de manière que les entonnoirs soient tangents, c'est-à-dire à une distance double de leur profondeur, soit 10 à 12 mètres.

Pour calculer la charge, on se sert de la formule $c = 9h^3$, dans laquelle c indique le poids de la charge exprimé en kilogrammes, h , la profondeur à laquelle est placée la poudre, et 9, un coefficient variable suivant la nature des milieux, mais qui est de 1^m,50 pour les terres ordinaires ; 2 pour les terres fortes, 3 pour la maçonnerie.

Pour creuser ces fourneaux, on pratique des rameaux horizontalement ou des puits inclinés à section carrée, de 0^m,80 environ de côté. — On peut aussi obtenir des fourneaux de mine au moyen d'appareils de forage instantanés tels que la barre à mine du commandant du génie Binet (1).

Cet appareil se compose d'une tige en fer creux de 4 à 6 mètres de longueur ; on l'enfonce dans le talus jusqu'à la profondeur voulue en ayant soin de ne pas trop incliner la tige pour que la poudre glisse facilement par le trou du forage lors du chargement ; puis on la retire.

On fait ensuite détoner au fond du trou une charge de dynamite variant suivant la grandeur de la chambre que l'on veut obtenir.

Dans un terrain ordinaire, avec des charges de 100, 200, 300, 400, etc., grammes de dynamite, on obtient des chambres qui peuvent contenir 45, 90, 135, 180..., etc., kilogrammes de poudre. La charge de dynamite est portée au fond du forage au moyen d'une tringle en bois, sur laquelle elle a été préalablement fixée.

Le chargement des fourneaux obtenus par forage se fait en versant la poudre dans le trou ; on ne doit charger que peu de temps avant l'explosion, afin d'éviter l'humidité qui résulterait du contact prolongé de la poudre avec la terre. Le chargement s'opère d'ailleurs très rapidement, et il n'y a pas de bourrage à faire.

366. *Les coupures aux remblais* peuvent se faire à la pelle et à la pioche, si l'on dispose d'un nombre de travailleurs suffisant, mais elles se font plus généralement au moyen de fourneaux de mine.

Lorsqu'on fait la coupure au moyen de travailleurs, on attache la plate-forme par les deux côtes, en plaçant pour commencer 2 piocheurs et 4 pelleteurs par mètre courant ; plus tard, on augmente le nombre des pelleteurs pour suffire aux relais.

(1) Voir à ce sujet la partie concernant les Mines (page 428) dans notre *Traité d'attaque et de défense des places*.

Lorsqu'on fait la coupure au moyen de fourneaux de mine, on dispose ceux-ci sur deux files à une profondeur de 4 à 5 mètres ; les lignes des centres des poudres sont déterminées par la condition que la ligne de moindre résistance, du côté du talus, soit au plus égale à celle de la plate-forme, afin que les terres soient projetées sur les côtés. Ces fourneaux sont établis comme il a été dit pour le comblement des tranchées ; on les fait sauter de la même manière que ces derniers.

VII. — Destruction des ponts et des viaducs en maçonnerie.

367. Le moyen le plus efficace et le plus rapide de mettre hors de service une voie ferrée consiste à détruire les ponts et les viaducs, surtout quand ils ont une grande ouverture et une grande hauteur.

Il y a deux méthodes de détruire ces ouvrages d'art, suivant qu'ils sont pourvus

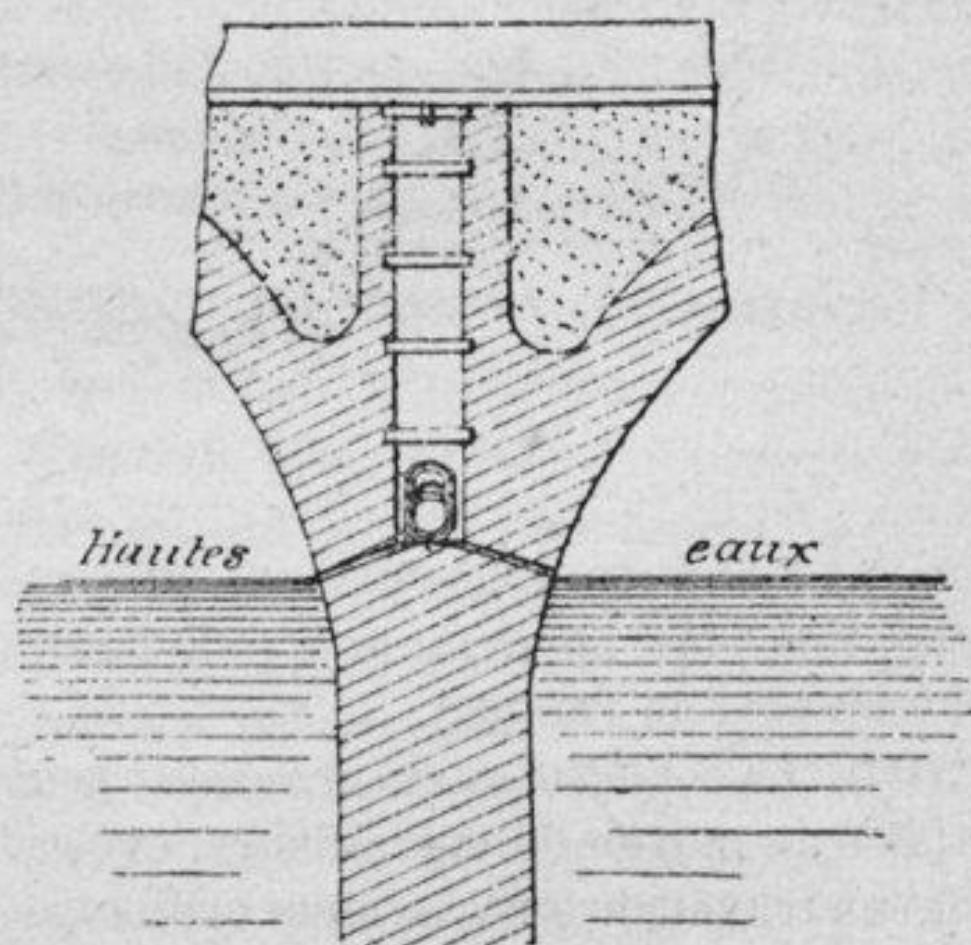


Fig. 195.

de dispositifs permanents et établis pendant le temps de paix, ou de dispositifs improvisés construits au moment du besoin.

368. 1° *Destruction des ponts et des viaducs en maçonnerie pourvus de dispositifs permanents.*

Les dispositifs permanents se composent de chambres auxquelles on accède par des puits verticaux de section carrée de

0^m,70 à 0^m,80 de côté. Des rainures horizontales pratiquées de mètre en mètre sont destinées à recevoir des poutrelles dont le but est d'augmenter la résistance du bourrage (*fig. 195*).

La figure 196 est un autre exemple du même genre de dispositif.

L'orifice du puits se trouve générale-

ment sur l'un des côtés de la voie; il est fermé par une plaque en fonte quadrillée. Sur l'une des parois du puits, auprès de l'orifice, sont gravés en creux et peints en noir les chiffres indiquant en kilogrammes la charge du fourneau.

Quelquefois aussi, les deux chambres d'un dispositif sont reliées par un rameau

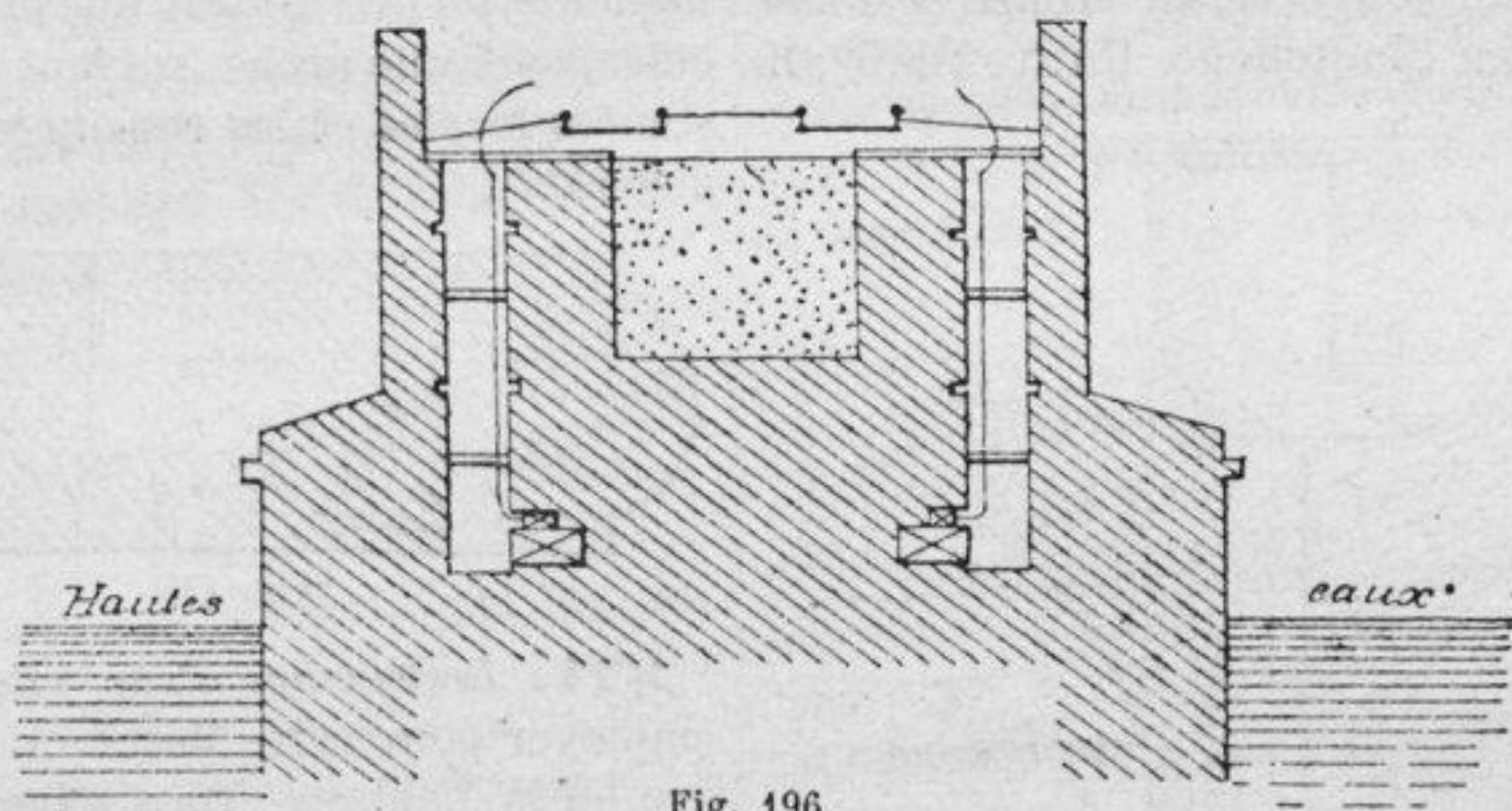


Fig. 196.

horizontal auquel on accède par un puits dont l'orifice vient déboucher dans l'axe de l'entre-voie.

La figure 197, ci-dessus, montre cette disposition dite à rameau en T.

La charge est calculée d'après la formule indiquée plus haut, $c = g h^3$, dans laquelle on prend $g = 3$, $h = 1/2$ ou $1/4$ de la longueur de la pile, suivant qu'il y a un ou deux fourneaux. On double ensuite le résultat obtenu, afin de tenir compte de toutes les circonstances défavorables, car il est très difficile d'achever la destruction d'un pont à demi démoli, lorsque les chambres de mine ont été détruites par l'explosion.

La poudre est contenue dans des caisses ou des barils d'un poids net de 50 kilogrammes, défalcation faite des récipients. Lorsque les fourneaux ne sont pas à l'abri de l'humidité, on emploie, pour leur chargement, des récipients métalliques en zinc, de forme et de dimensions à peu près égales à celle des barils.

Pour la mise du feu des fourneaux, on emploie des boîtes d'amorces métalliques contenant 4 kilogrammes de poudre et

munies de deux tubulures pour la charge et l'amorçage. Cette boîte est placée au-dessus de la charge; son explosion suffit pour y mettre le feu.

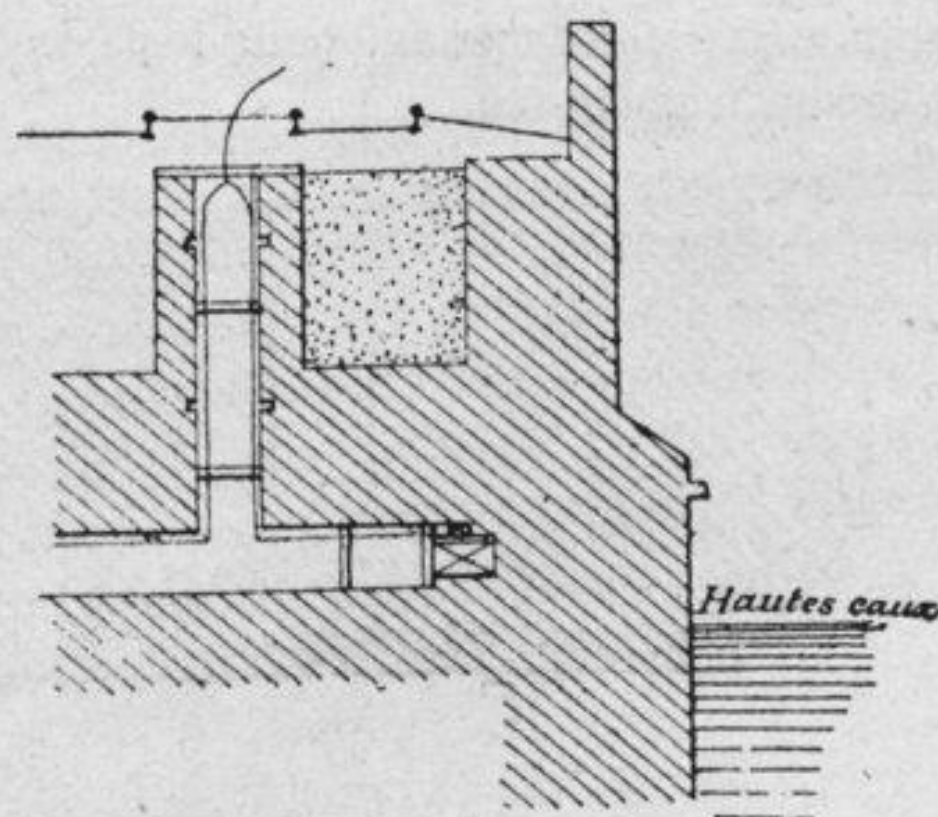


Fig. 169.

369. Les piles de ponts ou de viaducs de peu d'épaisseur sont pourvues seulement d'un puits cylindrique de 0^m,30 de diamètre, dont le débouché est fermé par un tampon en chêne percé d'un trou pour le passage d'un cordeau porte-feu (*fig. 198*).

Le forage part de la position du fourneau pour aller jusqu'au-dessus de la chape des voûtes; à partir de cet endroit, il est prolongé par un puits carré de 0^m,80 de côté, dont l'orifice est recouvert par une plaque en fonte.

La poudre est placée dans un récipient métallique fermant hermétiquement, au moyen d'un couvercle en bronze et d'une rondelle en caoutchouc. Un trou de 0^m,01

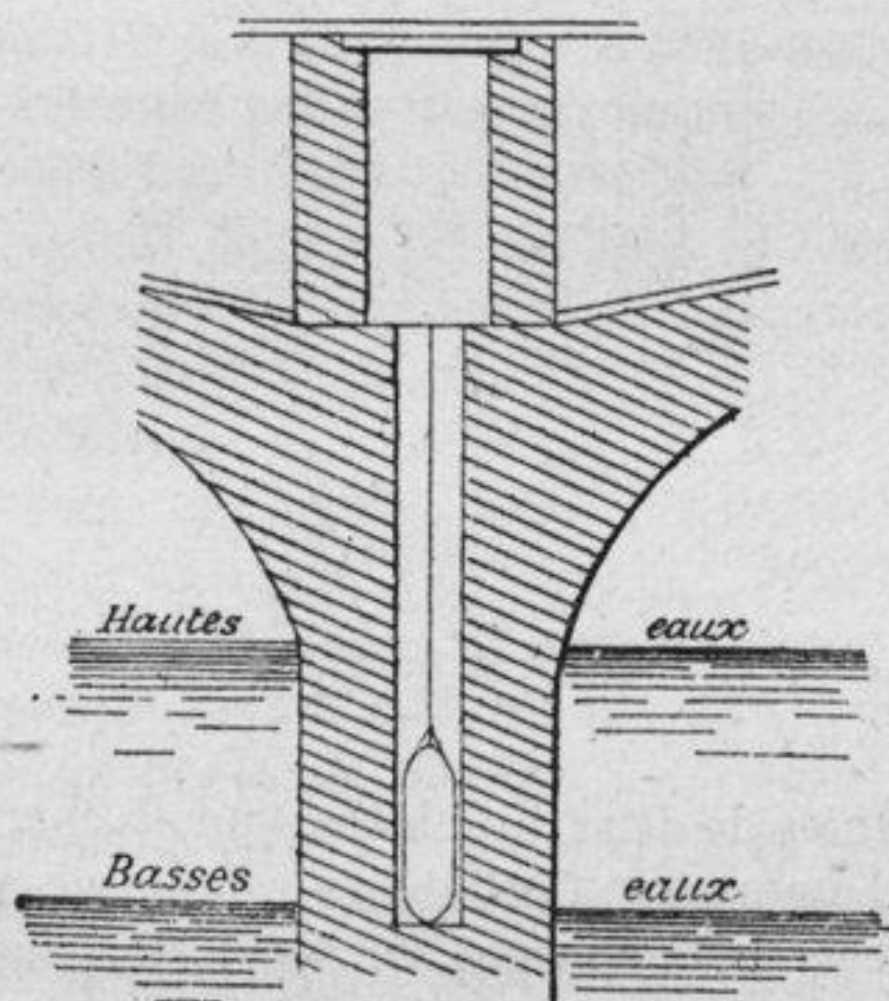


Fig. 198.

de diamètre y est ménagé pour le passage du corbeau porte-feu.

Le bourrage du trou cylindrique est fait en sable fin, et celui des puits d'accès est fait en terre.

370. 2^o Destruction des ponts et viaducs en maçonnerie, au moyen de dispositifs improvisés.

Pour mettre hors de service un pont en maçonnerie non pourvu de dispositifs permanents, on détruit soit une pile, soit une culée, soit une arche, suivant les circonstances locales et les ressources dont on dispose.

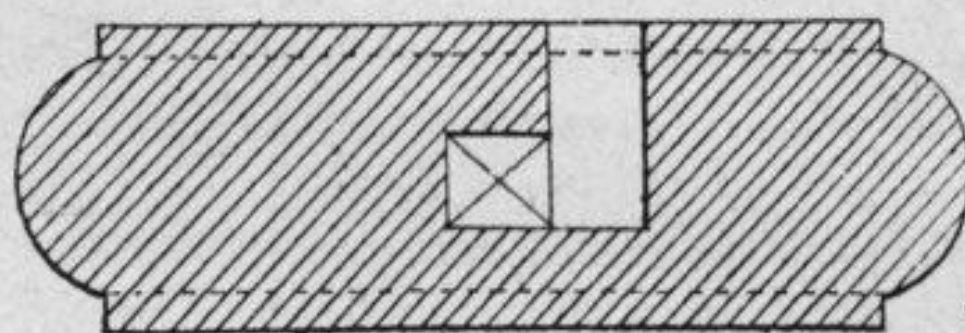


Fig. 199.

371. Destruction d'une pile. On peut employer pour cette destruction la poudre ou la mélinite. On s'attaquera naturellement à la pile la plus haute, en plaçant les fourneaux aussi bas que possible, de manière à rendre le rétablissement difficile à l'ennemi.

Examinons d'abord les procédés de destruction par la poudre.

Lorsque la pile à détruire n'a pas plus de 6 mètres de longueur et de 1^m,80 d'épais-

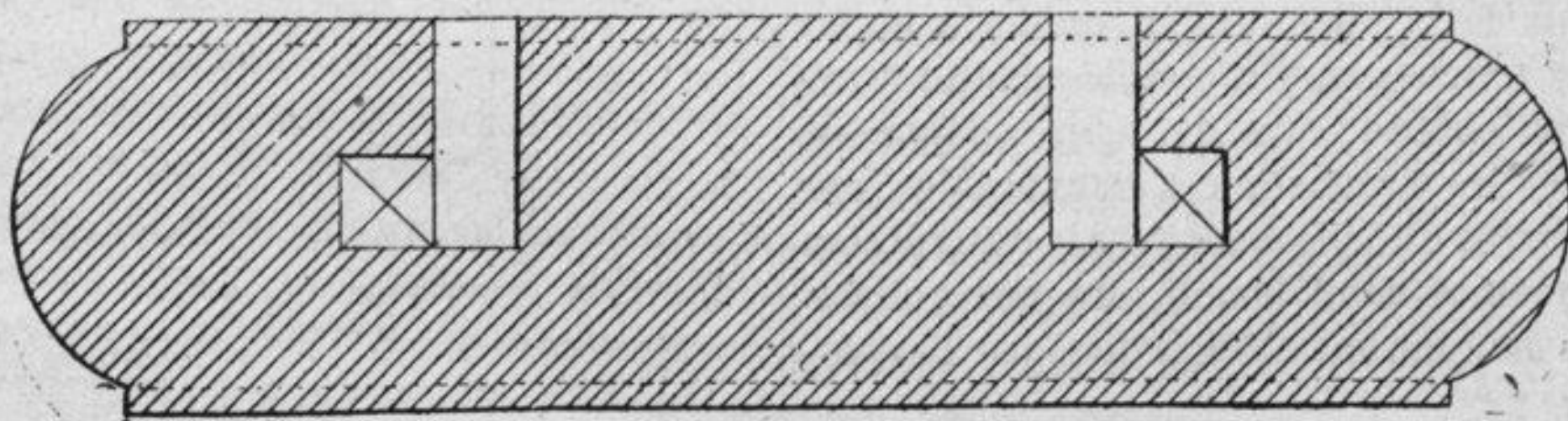


Fig. 200.

seur, il suffit d'établir un seul fourneau au milieu de la pile, en ayant soin de construire le rameau d'accès de manière que la chambre aux poudres soit sur le côté, afin de permettre d'établir un bourrage plus résistant (fig. 199).

Le rameau d'accès a environ 1 mètre de hauteur et 0^m,75 de largeur; sa fouille

demande trois à quatre hommes par mètre courant dans la maçonnerie de briques ou de pierres blanches, de 12 à 15 heures dans la maçonnerie très dure.

Pour la mise du feu, on emploie une boîte d'amorce, métallique ou en bois, contenant 4 à 5 kilog. de poudre. Le bourrage est fait, autant que possible en maçon-

nerie à prise rapide, ou avec un masque en madriers, étré sillonné par des poutrelles, et le reste de l'intervalle jusqu'à l'orifice du rameau est comblé avec des matériaux quelconques, mais de préférence des sacs à terre.

Lorsque la pile à détruire a de 6 à 12 mètres de longueur, on établit 2 fourneaux de mine au $\frac{1}{4}$ et aux $\frac{3}{4}$ de la longueur, de la même manière que pour le cas précédent. La charge est calculée d'après la formule habituelle $c = gh^3$, dans laquelle h est égale au $\frac{1}{4}$ de la longueur de la pile. On dispose la mise du feu pour

obtenir deux explosions simultanées (fig. 200).

Lorsque la pile a de 12 à 18 mètres de longueur, on établit 3 fourneaux, à $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{2}$ et $\frac{5}{6}$ de la longueur; h est alors égale à $\frac{1}{6}$ de la longueur de la pile.

Lorsque les piles ont moins de 1^m,80 d'épaisseur, on ne peut y installer de grandes chambres; on augmente alors les fourneaux nécessaires en plaçant les chambres au bout des rameaux d'accès. Dans ce cas, les piles sont généralement rapprochées les unes des autres, et le bourrage est formé au moyen d'un masque en ma-

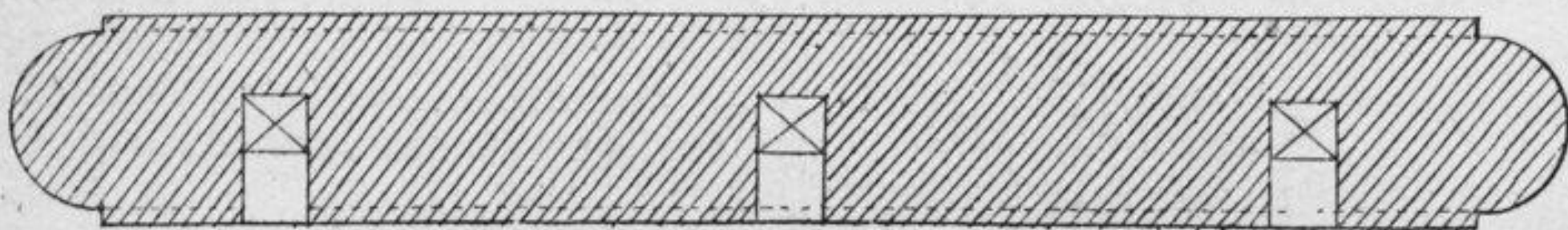


Fig. 201.

driers ou en planches, placé contre la charge et arc-bouté contre la pile voisine au moyen de poutres. Tout l'espace vide en arrière du masque est comblé avec des pierres ou des sacs à terre (fig. 201).

Pour détruire une pile tubulaire en fonte, avec remplissage en maçonnerie, on y pratique un rameau d'accès pour une chambre aux poudres placée dans l'axe du cylindre et sur le flanc du rameau. L'enveloppe de fonte est d'abord percée au moyen de charges de mélinite librement appliquées. Le poids de la charge de poudre est donné par la formule $c = 3,75 D^3$, dans laquelle D représente le diamètre (fig. 202).

372. L'emploi de la mélinite est beaucoup plus avantageux que celui de la poudre, pour la destruction des ponts et des viaducs non pourvus de dispositifs permanents, attendu que les logements des charges et les bourrages sont très simplifiés.

Lorsque les piles ont une épaisseur inférieure à 1 mètre, on fait usage de charges librement appliquées à l'intérieur sans bourrage. La charge est répartie sur

toute la longueur de la pile, et placée au pied de celle-ci, sous l'eau et enterrée si c'est possible, afin d'avoir un petit bourrage qui augmente l'effet destructeur; on peut encore le disposer entre deux poutrelles recouvertes d'un madrier, que l'on fixe à la maçonnerie au moyen de broches à une distance de la naissance de la voûte égale à l'épaisseur de la pile. Cette règle est générale pour toutes les démolitions (fig. 203). Le poids de la charge par mètre courant est donné par la formule $c' = 11,45 E^2$, dans laquelle E désigne l'épaisseur de la pile. Lorsque cette épaisseur est de plus de 0^m,50 centimètres on augmente de $\frac{1}{10}$ le résultat donné par la formule.

Exemple. — Déterminer la charge de dynamite, au mètre courant, d'une pile de 0^m,80 d'épaisseur $c' = 11,45 \times 0,80^2 = 7^k 32 + \frac{1}{10} (7^k 32) = 8^k,05$.

Au lieu d'appliquer librement la charge de mélinite contre la pile, il est beaucoup plus avantageux de la placer dans une rainure horizontale creusée dans la maçonnerie, à une profondeur de 0^m,25 à 0^m,30 et de l'arc-bouter fortement au

moyen de madriers et d'étauçons (fig. 204).

La charge par mètre courant est donnée par la formule $c' = 3 E^3$; elle est 4 fois moins forte que celle appliquée librement à l'intérieur.

Le bourrage devra être fait avec soin, au moyen de pierres et de gazon main-

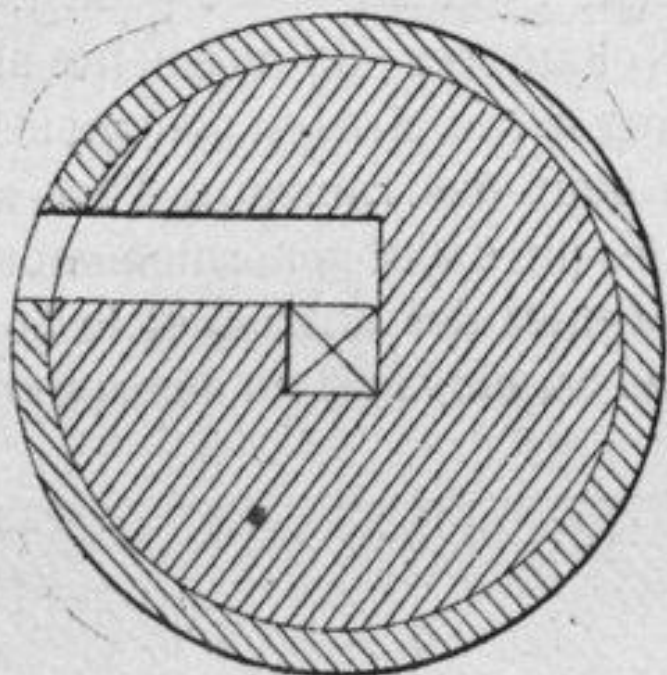


Fig. 202.

tenus par des madriers consolidés par des arcs-boutants, comme l'indique la figure.

On peut aussi démolir les piles au moyen de charges concentrées, encastrées plus ou moins dans la maçonnerie, sui-

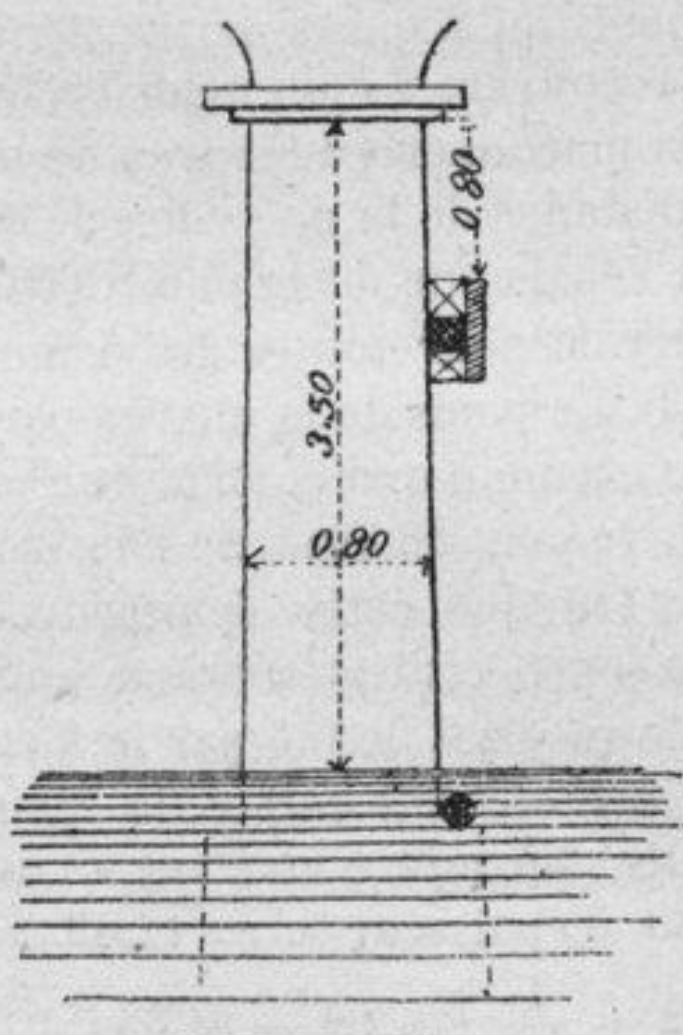


Fig. 203.

vant le temps que l'on a devant soi et la quantité de mélinite dont on dispose. On peut appliquer aux destructions des murs des piles, les données suivantes s'appliquant à la destruction des murs ordinaires.

Pour un mur de 0^m,50 à 0^m,90 d'épaisseur, il faut :

En charges concentrées au pied du mur :

Sans bourrage : 6^k,300 de mélinite, pour obtenir une ouverture de 1^m,15 ;

Avec bourrage : 1^k,800 de mélinite, pour obtenir la même ouverture.

Si les charges sont allongées et réparties uniformément sur toute la longueur à détruire, on les pose au pied du mur, ou on les suspend à une certaine hauteur, et il faut 2^k,500 de mélinite par mètre courant.

On obtient ces charges allongées en

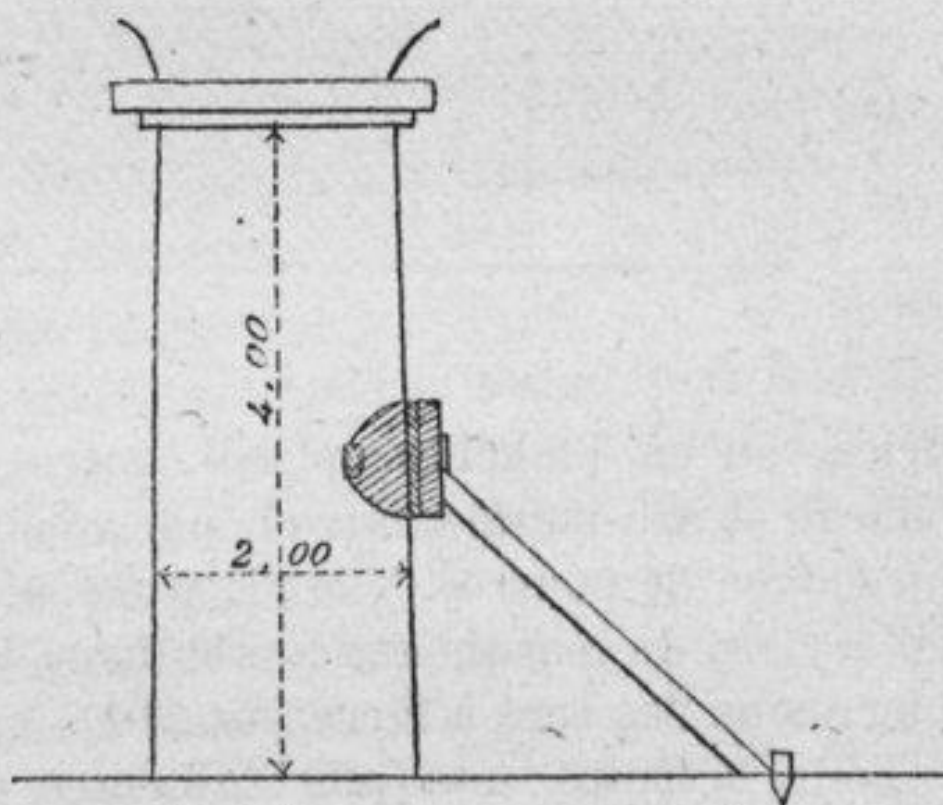


Fig. 204.

fixant les pétards bout à bout, avec de la ficelle, le long d'une baguette ou d'un triangle.

Si le mur a plus de 0^m,70 d'épaisseur, il faut, pour ne pas employer de trop fortes charges, pratiquer à un mètre environ au-dessus du sol ou de l'eau, avec des charges de 600 grammes par mètre courant, des logements ou rainures devant contenir la charge définitive.

373. La méthode qui exige le moins de mélinite est celle qui consiste à faire usage de charges concentrées au milieu de l'épaisseur de la pile. La chambre pourra être faite au moyen d'un petit rameau d'accès, dont on facilitera la construction au moyen de petits pétards successifs, ou bien d'un pétard chambré à la mélinite.

Il semble résulter comparativement :

1° Qu'on obtient des chambres sans briser le parement des maçonneries en disposant à l'extrémité des pétards longs de :
 0^m,50 à 0^m,60, une charge de mélinite de 0^k,050 gr.
 1^m,00 à 1^m,50, une charge de mélinite de 0^k,250 gr.
 1^m,50 à 1^m,75, une charge de mélinite de 0^k,500 gr.
 1^m,80 à 2^m,00, une charge de mélinite de 0^k,700 gr.

2° Que le centre de la chambre obtenue coïncide à peu près avec le centre de la charge employée, de sorte que, comme il y a intérêt à ce que le centre de la charge définitive soit au milieu de la pile à détruire, il conviendra de préparer la chambre au moyen de plusieurs explosions successives produisant des chambres de plus en plus grandes, mais ayant toutes sensiblement le même centre que la première de ces chambres ;

3° Qu'en opérant avec des charges de

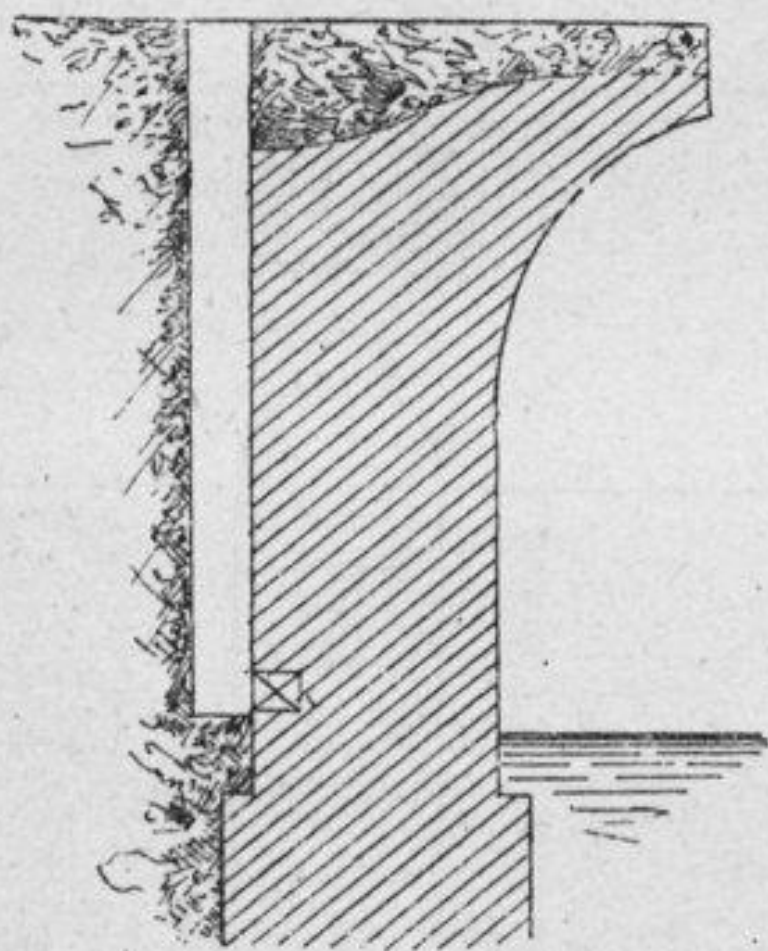


Fig. 205.

100 grammes, de 200 grammes, de 300 grammes, etc., on obtient des chambres capables de contenir 1, 2, 3, kilogrammes, etc., de mélinite en cartouches de 100 grammes c'est-à-dire des charges 10 fois plus fortes que la première charge employée ;

4° Que dans le pétardement, le diamètre du trou est assez faible pour qu'on puisse au besoin se passer de bourrage, mais cependant que l'effet produit est toujours meilleur lorsque, à l'extrémité du pétard, on peut placer un peu de terre ou de gazon.

Le chambrage se fait généralement en

employant deux explosions successives. On obtient le nombre de fourneaux à employer au minimum en divisant la longueur de la pile par son épaisseur.

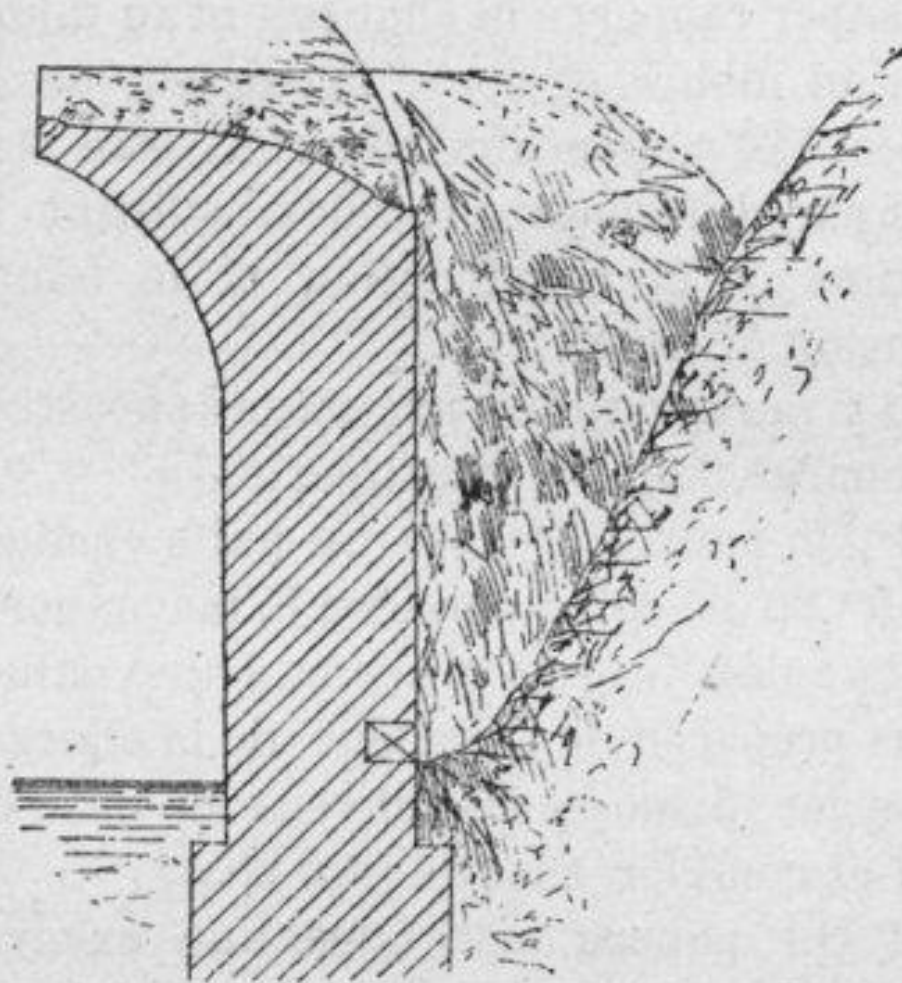


Fig. 206.

Les charges sont données par la formule $c' = 0,60 E^3$, dans laquelle E désigne l'épaisseur de la pile.

La communication du feu est installée pour produire des explosions simultanées.

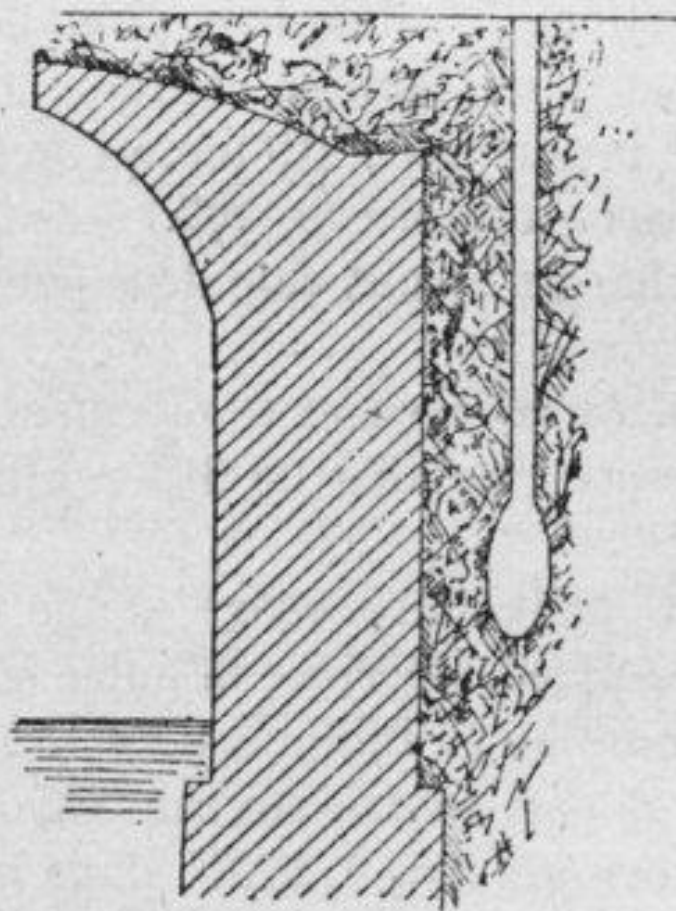


Fig. 207.

374. On peut aussi mettre un pont hors de service en détruisant une culée. — Les dispositifs permanents établis dans les culées sont analogues à ceux établis dans les piles. Pour renverser par la poudre

une culée au moyen de dispositifs improvisés, on place derrière la maçonnerie un ou plusieurs fourneaux à une profondeur telle que la ligne de moindre résistance, prise par rapport à la chaussée et au talus, soit au moins égale à l'épaisseur de la culée. Les fourneaux pourront être établis par différents procédés, suivant la nature de la construction et le temps dont on dispose.

Il y aura toujours avantage à encastrer la charge dans la maçonnerie.

1° On pourra creuser un puits vertical de 0^m,80 de côté, derrière la maçonnerie de la culée, jusqu'à la profondeur voulue, puis préparer le logement de la charge, charger, disposer les moyens de mise de feu et combler ensuite (*fig. 205*);

2° On pourra aussi faire une excavation en forme d'entonnoir jusqu'à la profondeur voulue, de manière à dégager la maçonnerie de la pile, puis on procédera comme pour le cas précédent (*fig. 206*);

3° On pourra produire des chambres au moyen de la barre à mine, comme il a été indiqué pour la destruction des remblais, avec cette différence que le forage sera vertical, c'est-à-dire plus facile à établir et plus facile à charger. C'est le procédé le plus expéditif lorsqu'on dispose d'une barre à mine (*fig. 207*.)

Les charges seront calculées par la formule : $c = g h$.

375. *Le renversement des culées par la mélinite* peut se faire de différentes manières :

1° On peut faire usage d'une charge allongée placée derrière la culée et bourrée comme on l'a indiqué pour les piles ; la charge par mètre courant est donnée par la formule $c' = 1,25 E^2$, dans laquelle E représente l'épaisseur. Lorsque cette dernière ne sera pas connue, on cherchera à se renseigner par des sondages ou autrement ;

2° On peut faire usage de charges concentrées placées derrière la culée et bourrées ; l'espacement des fourneaux

entre eux doit être égal au double de l'épaisseur de la culée ; la charge de chacun d'eux est donnée par la formule $c' = 2,50 E^3$;

3° On peut employer aussi des charges concentrées et encastrées dans la culée, du côté des terres. C'est le procédé qui nécessite le moins de mélinite. L'espacement des fourneaux est de 1^m,25 de l'épaisseur, et la charge de chacun d'eux est donnée par la formule $C' = 1^m 50 E^3$.

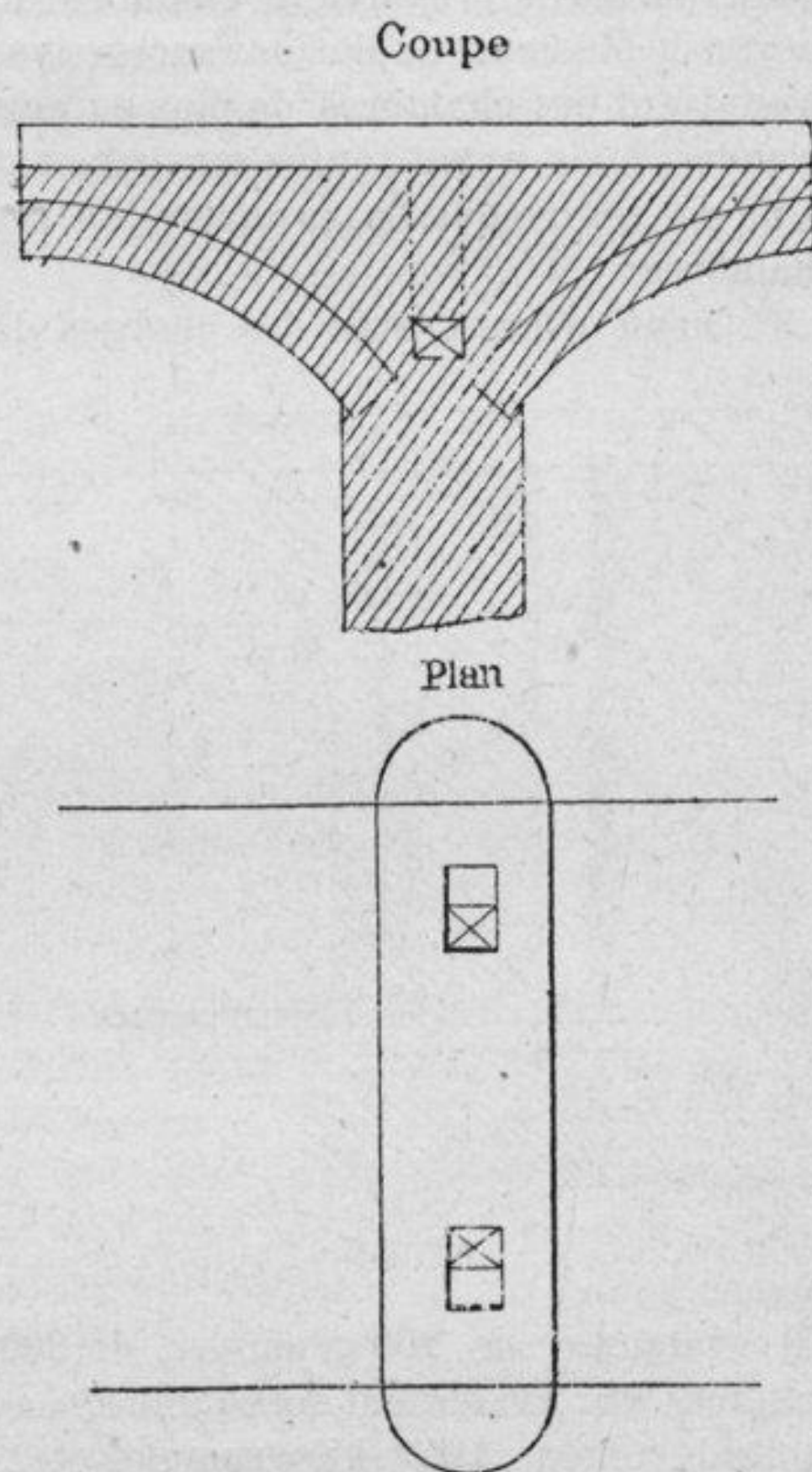


Fig. 208.

Les formules données pour les trois cas précédents sont loin d'être absolues et ne doivent être admises qu'à titre d'indication générale.

376. *Un troisième moyen de mettre un pont hors de service* consiste à faire sauter les arches. — Ce moyen est employé lorsqu'on est pressé par le temps, et qu'on ne

peut pas établir de fourneaux dans les piles ou les culées, mais il est moins efficace que les précédents.

Pour rompre une arche au moyen de la poudre, on peut établir les fourneaux en différents points, savoir :

1° *A l'aplomb des piles.* — On place les fourneaux aussi bas que possible, de façon

que la distance du centre des poudres au niveau supérieur de la chaussée soit au moins égale à celle de ce même centre au parement de l'intrados de la voûte.

On creuse un puits d'accès pour chaque fourneau, et autant que possible en dehors des voies, à moins que la circulation soit interrompue (*fig. 208*).

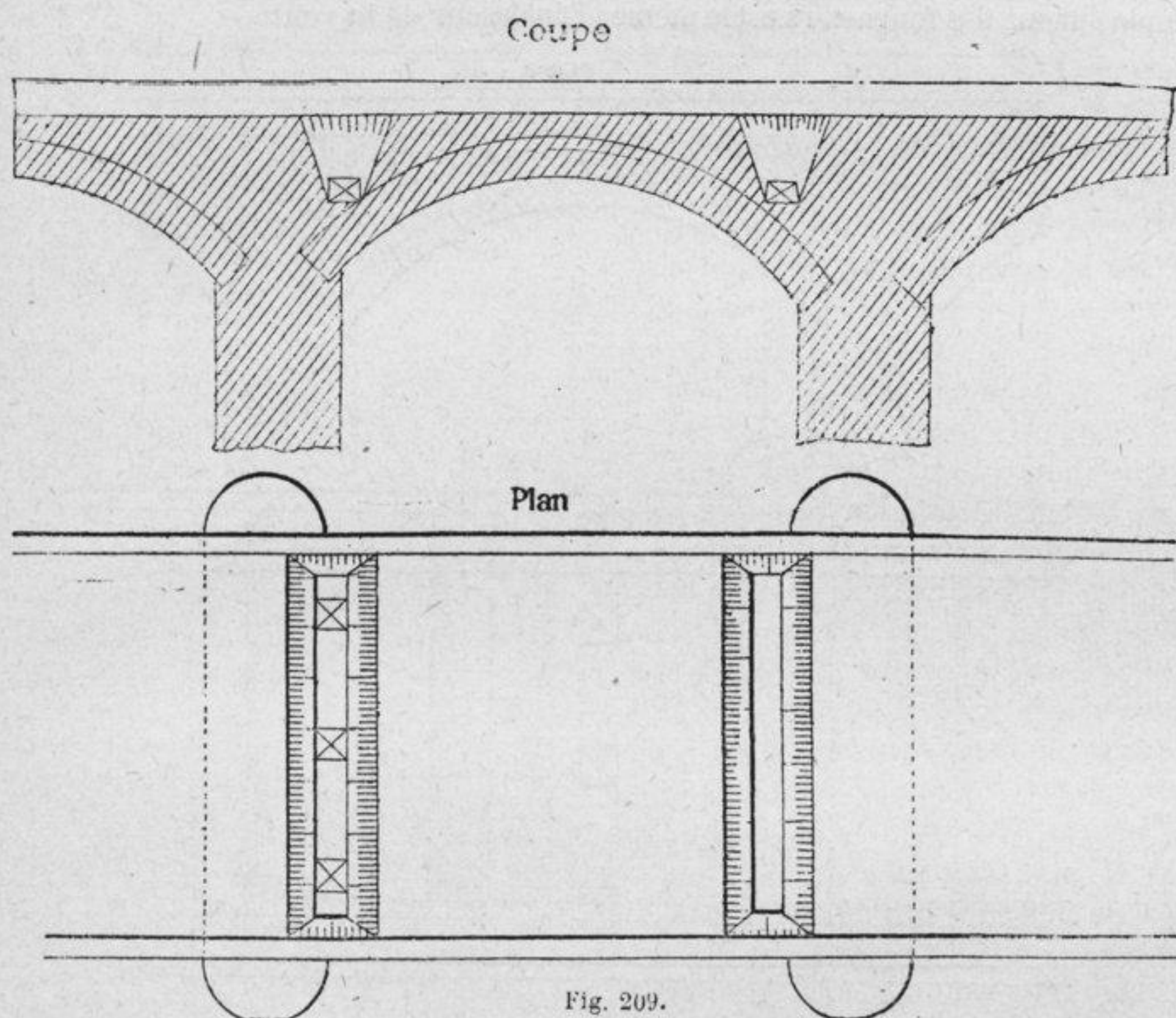


Fig. 209.

Le calcul de la charge se fait au moyen de la formule $c = 6h^3$, dans laquelle h représente la distance du centre des poudres A, au point le plus voisin B, de l'intrados.

2° *Sur les reins de la voûte.* — On ouvre le long de chacun des reins de la voûte une petite tranchée que l'on approfondit jusqu'à l'extrados ; on place dans l'une des deux tranchées 2 ou 3 fourneaux de 12 à 15 kilogrammes de poudre chacun, qu'on recouvre de madriers, de terre, en laissant vides les intervalles des fourneaux, ainsi que la tranchée de l'autre côté. On

produit l'explosion simultanée de toutes les charges ; elles suffisent généralement pour déterminer le glissement de la partie supérieure de la voûte sur le joint des reins. La deuxième tranchée a pour but de favoriser ce glissement (*fig. 209*).

3° *Sur la clef de voûte.* — On creuse au-dessus de la clef de la voûte des puits que l'on descend jusqu'à l'extrados de la voûte, et l'on y place des fourneaux dont les charges sont calculées au moyen de la formule $c = 18h^3$, dans laquelle h désigne l'épaisseur de la voûte. L'espacement de ces fourneaux est égal à $3h$; on en déduit

facilement le nombre de ces derniers. Le bourrage sera renforcé par des matériaux de tous genres que l'on placera en tas par-dessus les fourneaux. On devra produire l'explosion simultanée de toutes les charges (fig. 210).

377. On peut aussi employer la mélinite pour la destruction des arches. — L'emplacement des fourneaux est le même

que pour la poudre. On place des charges concentrées sur l'extrados mis à nu.

Des charges de 1, 6 et 15 kilogrammes produisent, sur des voûtes de 0^m,30, 0^m,60 et 0^m,90 d'épaisseur, des ouvertures égales à l'épaisseur de la voûte. Pour obtenir une coupure continue, on peut, avec bourrage, espacer les charges du double de l'épaisseur de la voûte.

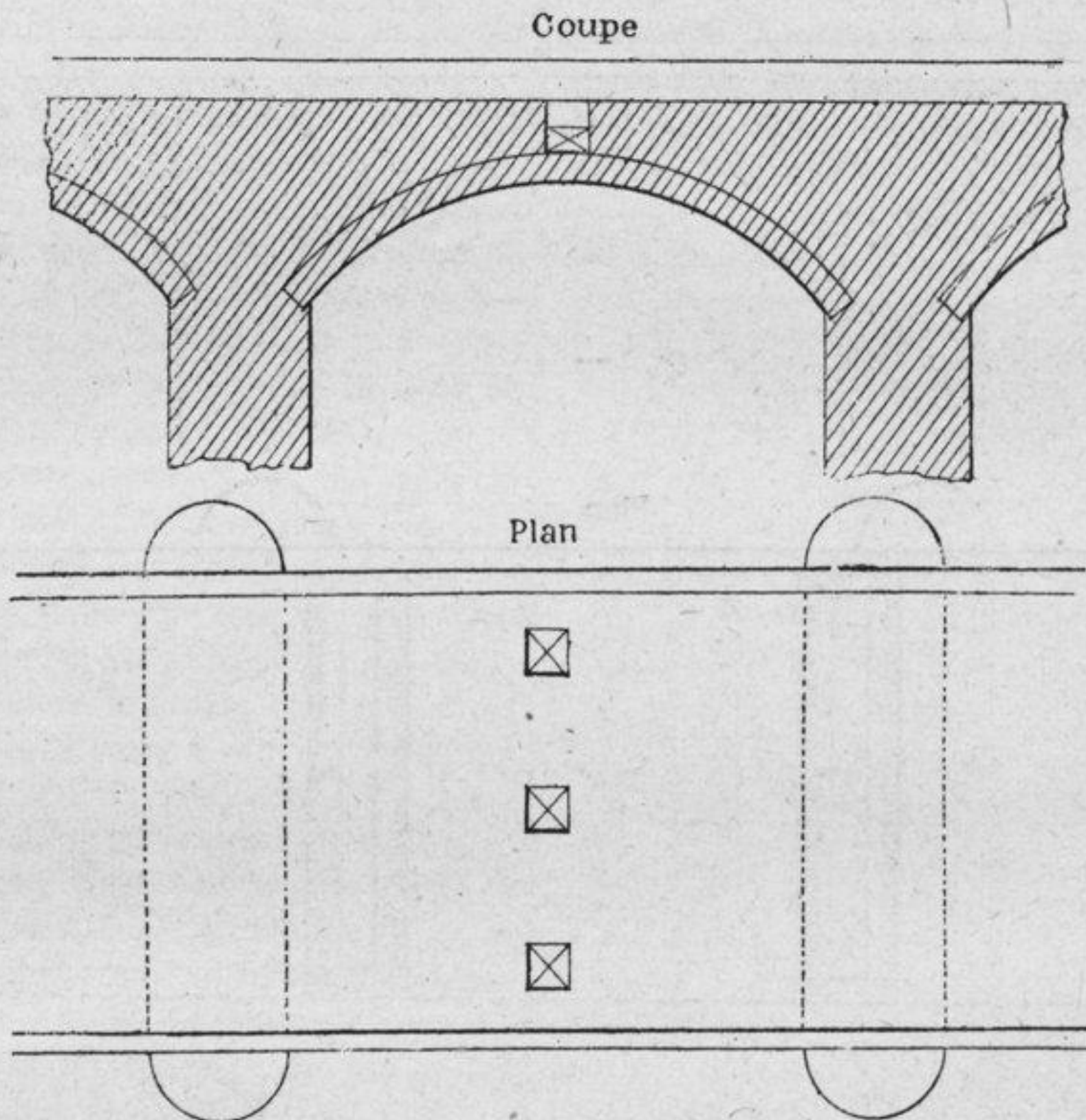


Fig. 210.

VIII. — Destruction des ponts en bois.

378. Les ponts en bois peuvent être détruits par l'incendie, par la poudre ou par la mélinite.

379. La destruction par l'incendie devra être employée de préférence, parce qu'elle donne de meilleurs résultats que les autres procédés, en ce que toutes les parties sont atteintes et ne peuvent plus servir à la réparation.

On imprègne de pétrole ou on goudronne

les principales pièces ; on rassemble sur le tablier et autour des supports des amas de bois et autres matières inflammables ; puis on met le feu.

380. La destruction par la poudre d'un pont en bois dont les supports plongent plus ou moins dans l'eau, se fait au moyen de fourneaux submergés.

Pour cela, on place le récipient étanche contenant la charge au milieu de la palée et en contact avec le pilot central.

D'après l'instruction provisoire des chemins de fer du génie à Versailles, les

charges à employer sont les suivantes : 50 kilogrammes pour une palée de 3 pilots de 0^m,24 d'épaisseur, espacés de 1^m,40 sous une profondeur d'eau de 2^m,50.

100 kilogrammes placés sous l'axe du pont entre deux palées comme celles ci-dessus, et espacées de 4 mètres sous une hauteur de 3^m,50.

Si la palée est sur le sol, on place de petits fourneaux de 20 à 25 kilogrammes au pied des montants des pilots, et on donne le feu simultanément.

381. La destruction par la mélinite est bien préférable au procédé par la poudre, attendu que l'on n'a pas besoin de réipients étanches et hermétiquement fer-

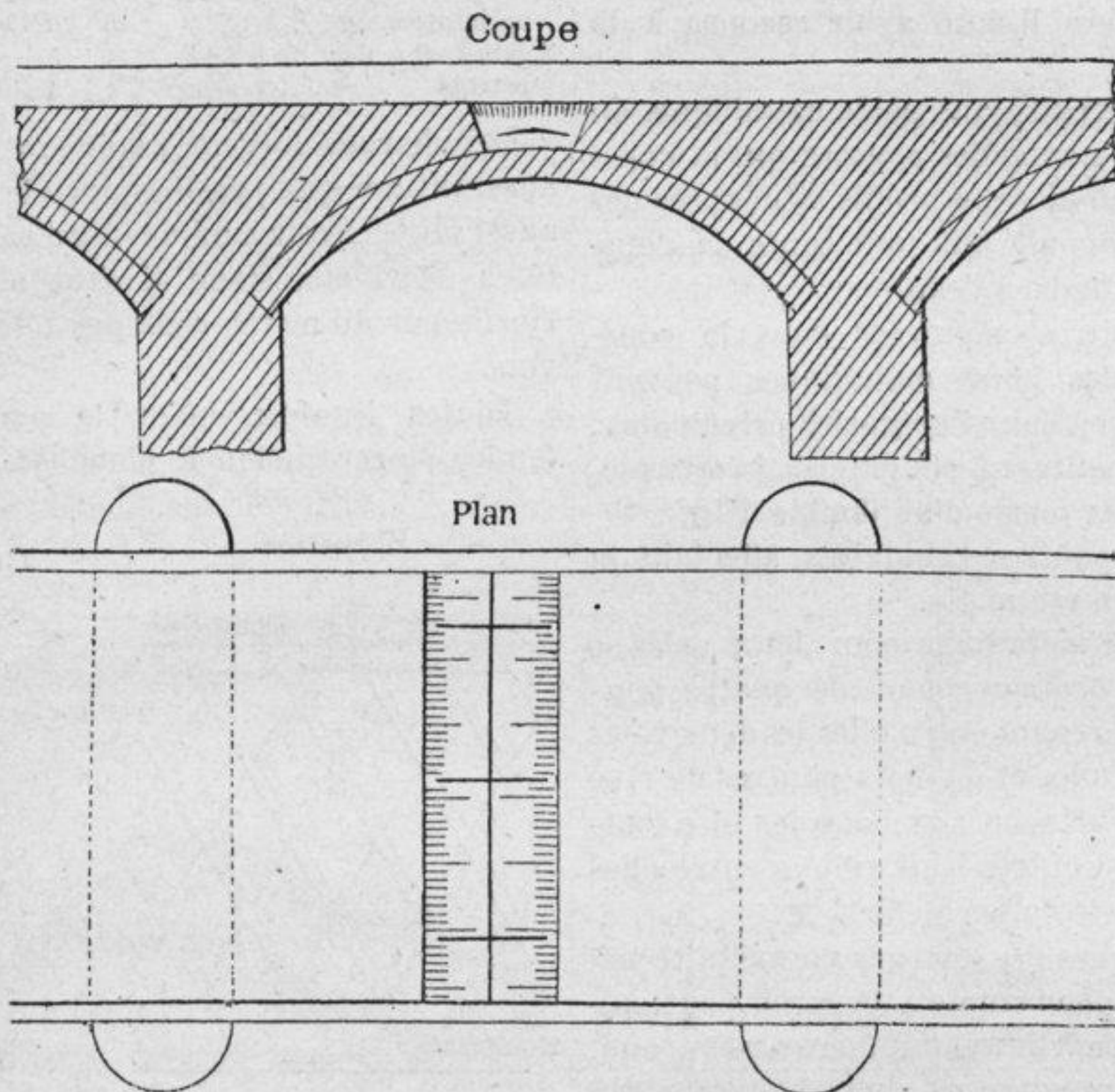


Fig. 211.

més pour contenir les charges. Pour détruire une palée simple par la mélinite, on peut opérer de deux façons :

1° Briser ses supports en entourant les pilots d'un cordon de pétards attachés avec une ficelle et se touchant ; l'un d'eux seulement est amorcé. Il faut autant que possible mettre la charge sous l'eau, car celle-ci fait bourrage et la rupture se faisant au-dessous du niveau de l'eau, la réparation est plus difficile.

2° Détruire le tablier en brisant les fermes ou poutres qui le supportent. La charge à employer est donnée par la for-

mule $c = So ab^2$, dans laquelle c représente la charge exprimée en kilogrammes, a la largeur de la poutre et b sa hauteur exprimée en mètres.

Pour détruire une palée en charpente, chevalets ou cadres, on attaque les principaux montants comme des pièces isolées.

Pour détruire les travées, il faut rompre les poutres de support, soit par des charges placées dans des forages à la tarière, soit par des charges allongées librement appliquées contre elles et réparties sur toute la ligne à rompre.

Dans toutes les ruptures des ponts en

bois, par des explosions, il faut chercher à détruire, en les incendiant, toutes les pièces qui pourraient servir à la réparation.

IX. — Destruction des ponts métalliques.

382. Lorsqu'on veut détruire un pont en fer autrement qu'en attaquant les piles et les culées, il faut avoir recours à la mélinite.

Pour détruire une palée métallique, on attaque chacune des poutres qui la constituent, suivant des profils situés près des points d'appui, afin que toute la construction tombe à l'eau.

Les poutres employées dans la construction des ponts métalliques peuvent se diviser en deux catégories principales :

1° Les poutres à simple paroi verticale, affectant la forme d'un double T (I).

2° Les poutres tubulaires, affectant la forme d'un rectangle.

Un pont métallique pour deux voies se compose ordinairement de quatre poutres, comprenant entre elles les deux voies et l'entrevoie, et de deux poutres de rive servant d'attache aux consoles des trottoirs ; ces poutres sont reliées entre elles par des entretoises en fer à I.

Le nombre des charges de mélinite nécessaires pour rompre un pareil pont, suivant un profil déterminé, sera assez grand.

Nous indiquerons dans la figure 212 la manière de disposer les charges pour rompre une poutre en treillis, dont la section peut s'assimiler à celle d'un pont à I.

Pour rompre les poutres tubulaires, on dispose des charges allongées sur toutes les parois dans l'intérieur des poutres, autant que possible, en les renforçant à l'endroit des cornières.

En principe, pour faire détruire un pont métallique par la cavalerie, il faut rompre toutes les pièces longitudinales que le profil rencontre, sans s'occuper des pièces de contreventement.

Le profil de rupture doit être choisi à

1 ou 2 mètres du support (culée ou pile) car vers les extrémités de la portée, les épaisseurs sont généralement plus faibles, et le placement des charges est plus facile.

Pour chaque partie, on détermine séparément la charge qui convient à l'épaisseur du métal, d'après le tableau suivant :

Epaisseur sans les rivets, en millimètres.....	10	20	30	40	50
Nombre de files de { fer..	1	3	4	8	14
pétards { acier	1	4	6	10	16

Les charges doivent avoir un contact aussi intime que possible avec le métal ; aussi faut-il avoir soin de faire sauter les têtes de rivets, sinon il faut ajouter à l'épaisseur du métal celle des têtes de rivets.

Toutes les fois qu'on le pourra, il faudra placer quelques planches au-des-

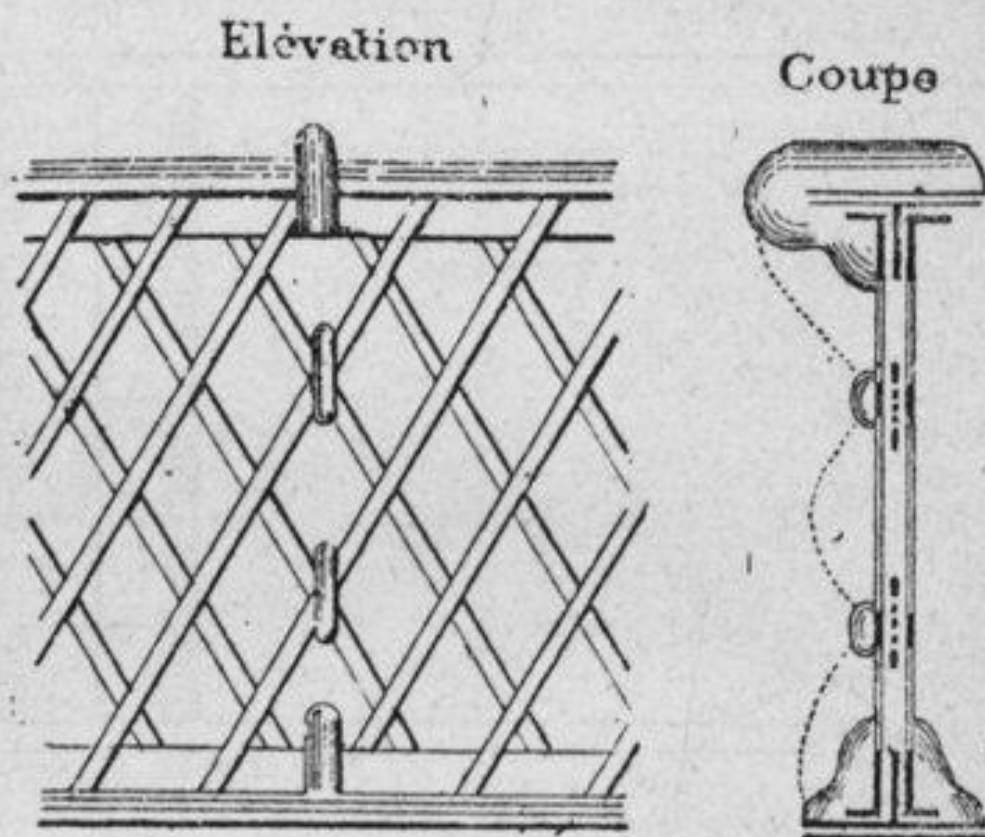


Fig. 212.

sus des charges, pour former bourrage.

Après la mise du feu, il faut s'éloigner à une distance de 400 mètres au moins, dans une direction perpendiculaire au profil à rompre, et s'abriter derrière les murs, arbres, etc., que l'on rencontrera.

Les explosions sur section déterminée doivent toujours être simultanées ; aussi l'installation de la communication du feu demande-t-elle beaucoup de soins.

X. — Démolition des tunnels.

383. La démolition d'un tunnel se fait au moyen de dispositifs de mines établis

pendant le temps de paix, et c'est le cas général, ou au besoin, au moyen de dispositifs improvisés.

Les dispositifs permanents préparés pour la démolition des tunnels sont de différentes espèces, savoir : 1° les anciens

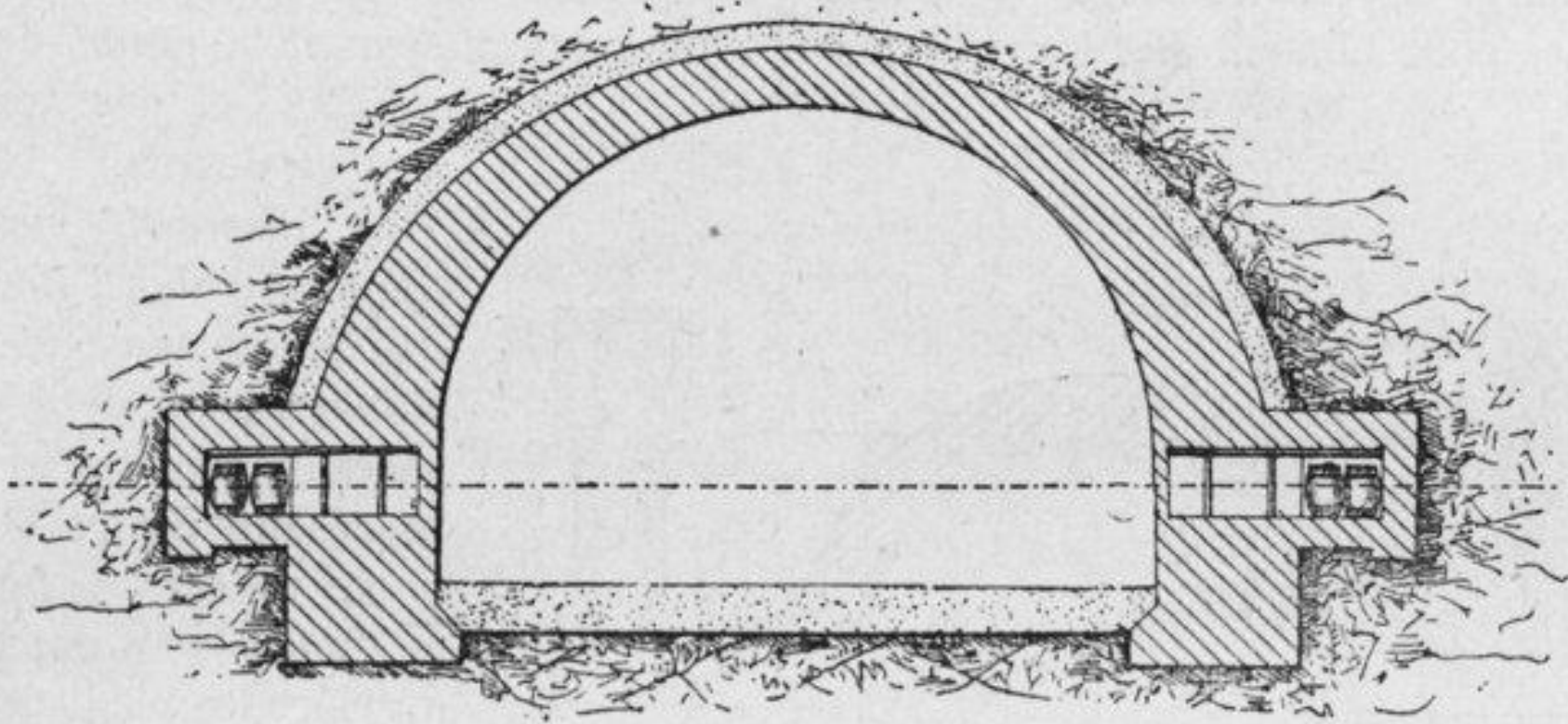


Fig. 213.

dispositifs ; 2° les dispositifs récents de démolition partielle ; 3° les dispositifs récents de démolition définitive.

384. 1° *Les anciens dispositifs* consistant en chambres aux poudres enfoncées de 2 à 3 mètres dans les piédroits des

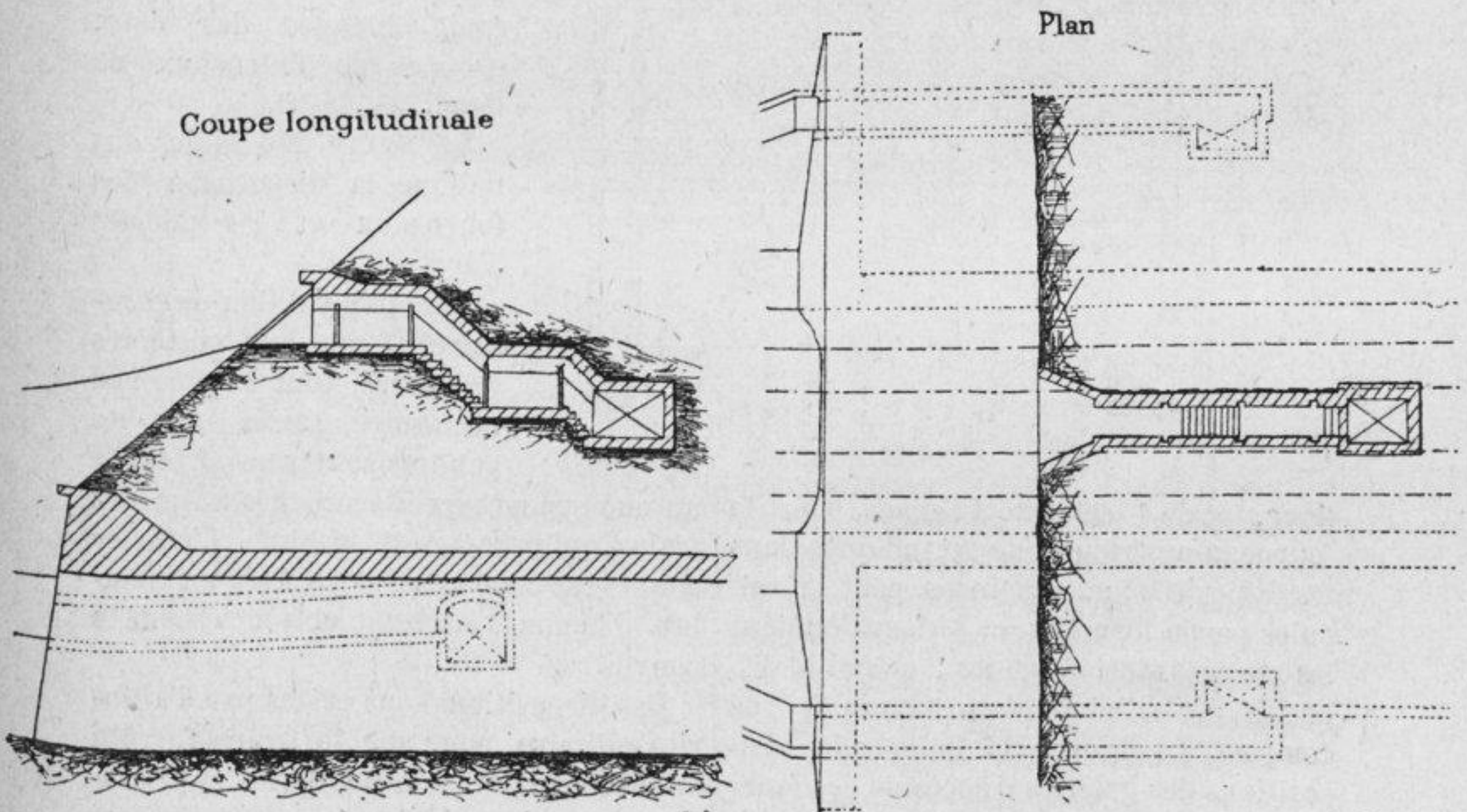


Fig. 214.

voûtes, et espacées de 8 mètres l'une de l'autre. Elles sont destinées à recevoir des charges de 200 kilogrammes de poudre (fig. 213).

385. *Les dispositifs récents de démolition*
Sciences appliquées.

lition partielle se composent généralement de trois fourneaux, dont deux de flancs, placés symétriquement derrière chacun des murs de piédroit, qu'ils sont destinés à renverser ; le troisième situé au-dessus

de l'extrados, a pour but de renverser la voûte et de provoquer l'éboulement des terres placées au-dessus (fig. 214).

La charge nécessaire est de 600 kilogrammes pour chacun des fourneaux de

posés comme l'indique la figure 215. Le centre des poudres est placé à hauteur de la clef de voûte, et la charge du fourneau est portée à 400 kilogrammes, afin d'obtenir plus sûrement la chute de la maçonnerie et des terres qui sont au dessus.

Le dispositif complet se compose d'abord d'un dispositif de tête exactement semblable à celui de démolition partielle décrit plus haut et représenté figure 214, et de plus, de quatre fourneaux de flanc placés deux à deux derrière les piédroits, à peu près au milieu du tunnel, à 12 mètres de distance l'un de l'autre, et d'un fourneau supérieur établi à 6 mètres au-dessus de l'intrados, à égale distance des deux groupes de fourneaux de flanc.

La figure 216 ci-dessous indique la disposition des fourneaux et des galeries d'accès.

Lorsqu'il y a lieu de charger ces fourneaux, en temps de guerre, tout le matériel nécessaire, ainsi que les poudres sont transportés sur

flanc, et de 1 000 kilogrammes pour le fourneau supérieur, elle est indiquée dans les dispositifs ; au besoin on peut la calculer par la formule $c = 3h^3$, en doublant les charges ainsi obtenues ; quand le dispositif est situé dans un terrain de roc compact. La figure 214 indique les dispositions des galeries d'accès de ces fourneaux.

386. 3° Dispositifs récents de démolition définitive. — On en distingue de deux espèces : le dispositif restreint et le dispositif complet.

Le dispositif restreint est composé simplement de quatre fourneaux de flanc dis-

un ou plusieurs trucs accrochés à l'un des trains qui parcourent la ligne. L'officier auquel est confié le dispositif, et un nombre d'hommes suffisant accompagnent le convoi.

Des dispositions sont prises par l'autorité militaire pour que le train s'arrête en face de l'entrée des galeries et y stationne pendant le temps nécessaire au déchargement. Aussitôt que cette opération est terminée, le train s'éloigne et les hommes font entrer les barils dans les petits magasins qui servent de vestibule aux galeries ; la porte donnant dans le souterrain est fermée, de manière que

Coupe

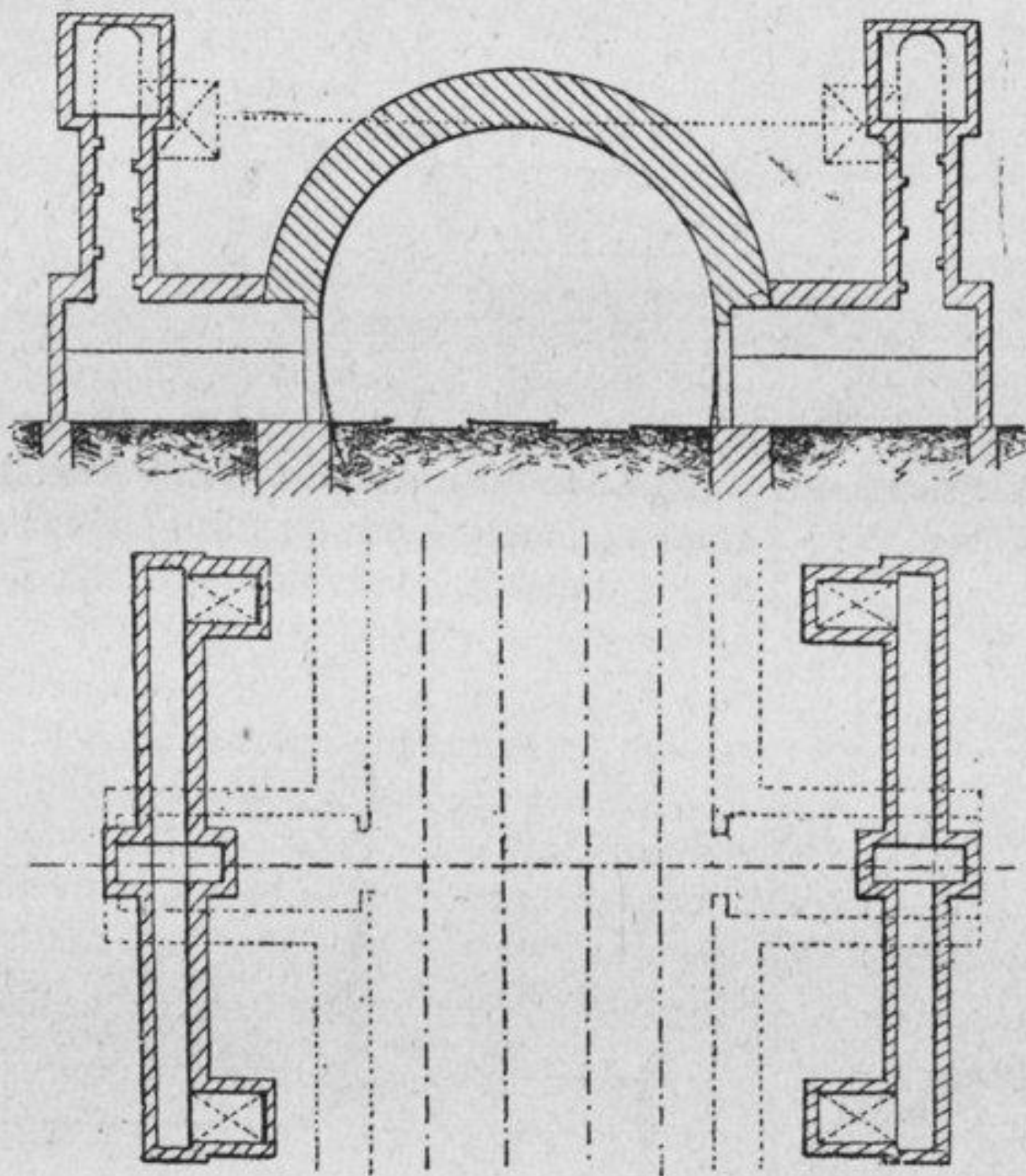


Fig. 215.

l'exploitation de la ligne ne soit ni interrompue, ni même gênée pendant qu'on procède au chargement et au bourrage.

387. Dispositifs improvisés. — Ils peuvent, comme les dispositifs permanents, être divisés en deux classes.

- 1° Les dispositifs partiels ou de tête;
- 2° les dispositifs complets ou centraux.

388. Les dispositifs improvisés ou de tête se composent de quatre fourneaux de

mine, placés à 15 ou 20 mètres de l'entrée du tunnel; ils sont disposés deux à deux derrière chacun des piédroits, en face l'un de l'autre; leur espacement est égal à 10 mètres environ dans les terrains ordinaires, et à 4 mètres seulement dans le roc; la ligne de moindre résistance varie de 4 à 6 mètres, dans les terrains ordinaires; elle est de 4 mètres seulement dans le roc.

En terrain ordinaire, le centre des pou-

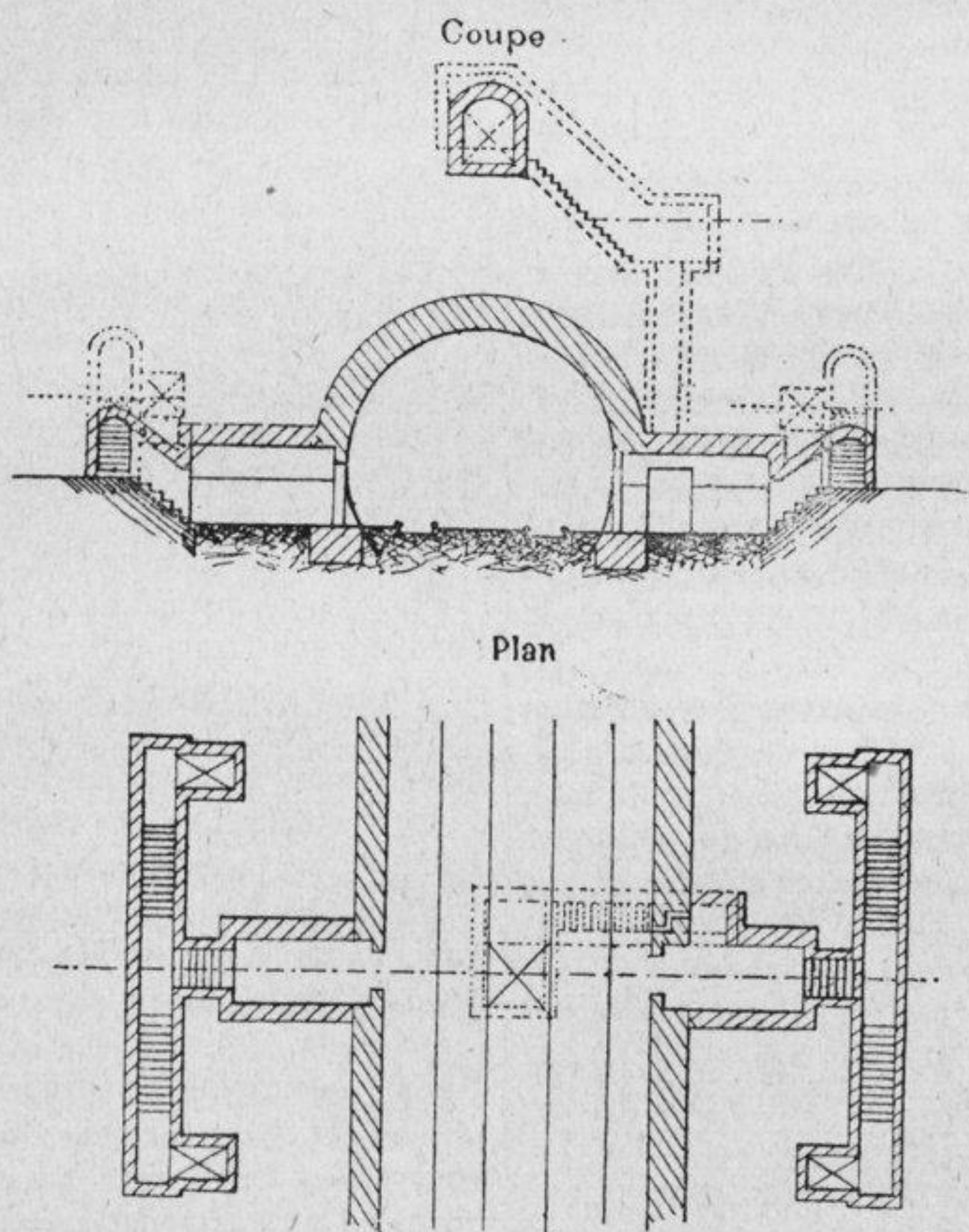


Fig. 216.

dres est placé à hauteur de la clef de voûte; la charge est très forte pour obtenir plus sûrement la chute de la maçonnerie; elle est de 400 kilogrammes pour un fourneau ayant une ligne de moindre résistance égale à 4 mètres; 700 kilogrammes pour un fourneau ayant une ligne de moindre

résistance égale à 5 mètres; 1 000 kilogrammes pour un fourneau ayant une ligne de moindre résistance égale à 6 mètres.

Dans le roc compact, les fourneaux sont placés aux $\frac{2}{3}$ de la hauteur du tunnel; la charge est de 1 000 kilogrammes pour une ligne de moindre résistance de 4 mètres.

Chaque fourneau a son rameau d'accès; la chambre aux poudres est disposée sur le côté du rameau, à moins qu'on soit pressé par le temps, et qu'on puisse arc-bouter les bourrages contre la paroi opposée.

Les rameaux dans les murs de revêtement et dans les terres se font relativement assez vite; il n'en est pas de même des rameaux à creuser dans le roc, car le temps nécessaire pour extraire un mètre cube de déblai dans une galerie étroite et un roc dur, n'est pas moins de 48 heures. Il faudra donc près de 6 jours, à quatre équipes travaillant jour et nuit, pour établir un semblable dispositif dans le roc.

Le travail se fait au moyen de pétards chargés à la dynamite. Pendant la construction, le chargement et le bourrage, l'entrée de chaque rameau sera garnie d'un tambour en planches pour empêcher que les matériaux ou les outils tombent sur la voie. Lorsqu'on fera partir un pétard, le devant du rameau sera dégagé, et aussitôt après l'explosion, on ramassera avec soin les matériaux projetés sur la voie.

Si l'on veut conserver l'exploitation pendant la construction des rameaux, on établira la construction sur une seule voie, soit en la portant sur l'une des voies établies, ou mieux encore, en établissant une

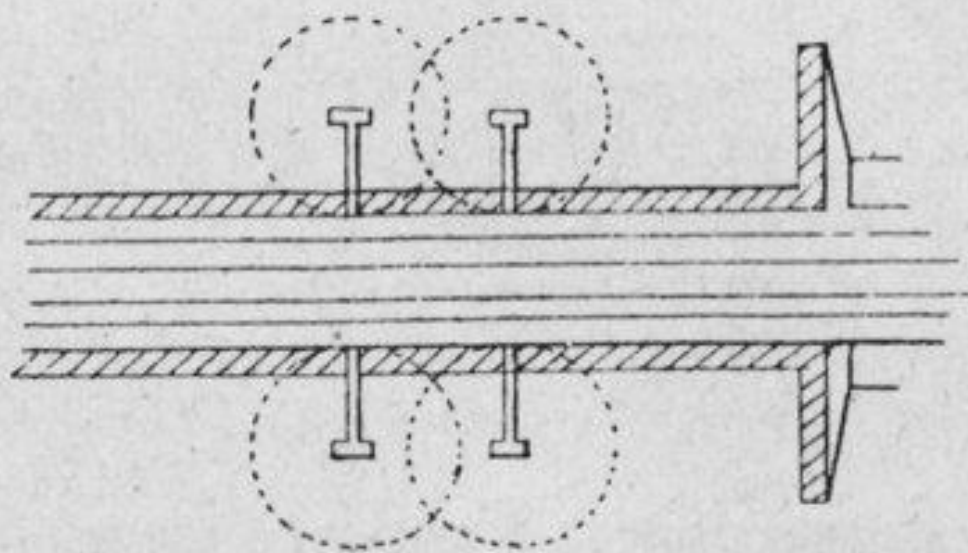


Fig. 217.

voie sur l'axe de la plate-forme. Le dernier procédé permettra de commencer en même temps le travail sur les deux côtés du tunnel (fig. 217).

L'effet d'un dispositif de tête suffira également pour arrêter l'ennemi pendant 20 ou 30 jours au moins.

Si l'on veut obtenir une démolition plus étendue, on pourra créer un dispositif pareil à l'autre tête, ou ajouter des fourneaux à la suite des premiers.

389. Les dispositifs improvisés complets sont employés lorsqu'on veut obtenir une interruption exigeant deux mois au moins pour sa réparation. Ils se composent de dispositifs de tête comme celui qui vient d'être décrit plus haut, à chaque extrémité du tunnel, et en plus d'un troisième dispositif semblable aux deux premiers vers le centre du tunnel; on comprend facilement que la réparation de cette partie ne pourra être entreprise qu'après celle de l'une des têtes, ce qui double la durée du temps employé à la réparation; et si l'éboulement, avant d'être attaqué, oblige à étayer les maçonneries voisines, on ne peut pas assigner de limite à la durée des travaux de réparation.

390. Dispositifs restreints. — Lorsque l'on n'aura pas devant soi le temps nécessaire pour construire des dispositifs comme ceux que nous venons de décrire, on en préparera avec des lignes de moindre résistance, plus faibles; mais alors les effets intérieurs d'ébranlement seront beaucoup moindres, et pour compenser cette infériorité, du moins en partie, on sera obligé d'augmenter le nombre des fourneaux de façon à détruire une plus grande longueur de piédroits. Cette disposition permettra d'employer un plus grand nombre de travailleurs et d'arriver plus vite à l'emplacement des fourneaux. La charge sera calculée d'après la formule $c = 3 \times (h \times l)^3$, dans laquelle h désigne la ligne de moindre résistance.

Si l'on est obligé de se contenter de fourneaux placés dans l'épaisseur de la maçonnerie, l'emploi de la mélinite sera plus avantageux que celui de la poudre ordinaire. On emploiera alors un grand nombre de fourneaux, afin d'étendre la rupture

des piédroits, et d'augmenter les chances de chute du plafond.

Les rameaux ou les pétards seront établis de préférence au tiers de la hauteur du tunnel, à partir du sol.

Les charges seront calculées d'après les formules qui ont été données pour le renversement des culées de ponts.

XI. — Destructiions extérieures.

391. La démolition d'un tunnel doit être complétée par la démolition des ponts situés du côté de l'ennemi, dans le voisinage du tunnel.

On peut augmenter la difficulté de réparation en rassemblant dans le rayon d'action des fourneaux, des wagons chargés de rails, de traverses ou de pièces de bois, qui se trouveront ainsi mêlées aux décombres, et créeront une grande difficulté pour l'exécution des déblais.

Lorsqu'on espère reprendre bientôt possession du tunnel, on se contente d'opérer des destructions extérieures, ou d'élever des barricades qui interrompent le passage du tunnel pour peu de temps.

Pour effectuer les destructions extérieures, on attaque les tranchées d'accès

aux deux têtes du tunnel, comme il a été dit pour le comblement des tranchées, n° 365; si, faute de travailleurs, on ne peut attaquer que d'un côté, on choisira celui où la tranchée est la plus profonde; enfin, si les deux côtés sont à peu près dans des conditions analogues, on choisira le côté ami, afin que la communication obligée à travers le tunnel rende plus difficile à l'ennemi le déblai des décombres.

Lorsqu'on est bien pressé par le temps, ou lorsqu'un parti de cavalerie peut se rendre maître, sur les derrières de l'ennemi, d'une portion de ligne sur laquelle se trouve un tunnel, on peut le mettre hors de service pour quelque temps en le barricadant.

Pour cela, on enlève au milieu du tunnel une certaine longueur de rails, et on en fait une barrière en les plaçant en travers de la voie. Si en même temps, on a pu surprendre une gare renfermant des wagons et une locomotive, on charge les wagons de toute sorte de matériaux et on les lance à toute vapeur contre la barrière; l'amoncellement des wagons déraillés dans l'intérieur du tunnel formera une obstruction qui demandera un certain temps pour être enlevée.

CHAPITRE X

RÉTABLISSEMENT DES VOIES FERRÉES

§ I. — GÉNÉRALITÉS

392. Principes généraux. — La question primordiale, dans le rétablissement des voies ferrées, c'est la rapidité d'exé-

cution, sans toutefois rien sacrifier à la solidité et à la sécurité de la voie. Les questions de main-d'œuvre, de matériaux

ne viennent qu'en seconde ligne, et celle de dépense n'est même pas prise en considération.

Il en résulte que l'on ne devra entreprendre d'abord que les travaux strictement nécessaires pour rétablir la circulation dans le plus bref délai possible. Une fois cette condition réalisée, on effectue, s'il y a lieu, les travaux d'amélioration qui sont jugés nécessaires, sans entraver la circulation.

Le rétablissement d'une portion de ligne exige habituellement un personnel nombreux, des matériaux et des outils en quantité considérable.

C'est à l'officier chargé de cette opération qu'il appartient de prendre des renseignements précis sur les moyens dont il peut disposer, afin de déterminer le mode de réparation à employer, la nature et la quantité des matériaux à faire venir de l'arrière s'il y a lieu.

En principe, le rétablissement de la circulation sur une voie ferrée répondant toujours à un intérêt de premier ordre, toutes les commandes et réquisitions qui y sont relatives doivent être faites très largement.

393. Nature des travaux. — Les travaux à exécuter comprennent :

- Le rétablissement des ouvrages d'art ;
- Le rétablissement de la plate-forme ;
- Le rétablissement de la voie ;
- La réparation du matériel fixe ;
- La réparation des accessoires de la voie.

Nous ne parlerons pas de la réparation du matériel courant, car elle ne peut être

effectuée que dans les ateliers permanents sur lesquels on doit évacuer tout le matériel susceptible d'être réparé.

En règle générale, les travaux de rétablissement des ouvrages d'art, de la plate-forme et de la voie ne doivent être entrepris que pour une seule voie d'abord, afin de gagner du temps ; on estimera ensuite, suivant les circonstances, s'il y a lieu de rétablir la seconde voie, et surtout si cela peut se faire sans entraver la circulation.

En ce qui concerne le matériel fixe et les accessoires de la voie, on n'exécute que les travaux indispensables ; c'est-à-dire dans chaque station, une voie d'évitement, et, suivant la destination, un ou plusieurs garages et quais, ou rampes d'embarquement, les appareils d'alimentation d'eau, le télégraphe électrique, les signaux d'arrêts, etc.

394. Division du travail. — En général tout travail de réparation comprend quatre périodes distinctes :

1° La reconnaissance de la destruction et des moyens dont on dispose, ce qui permet de déterminer le mode de réparation à employer ;

2° La préparation du travail, qui consiste dans la rédaction d'un projet sommaire et des croquis d'exécution, dans la réunion des moyens d'exécution et dans l'organisation des chantiers ;

3° Dans l'exécution, qui commence dès l'arrivée des premiers matériaux et qui doit se continuer sans interruption ;

4° Dans la surveillance et l'entretien de l'ouvrage rétabli.

§ II. — RÉPARATIONS DE LA VOIE

395. Principes. — Lorsque l'interruption de la voie consiste simplement dans la mise hors de service ou l'enlèvement des rails et des traverses, le rétablisse-

ment n'est pas long à opérer si l'on a du matériel à sa disposition.

On procède en principe comme il a été indiqué au chapitre VI pour la pose ordi-

naire; toutefois, la rapidité d'exécution étant une condition essentielle, on simplifie autant que possible les opérations qui n'intéressent pas directement la solidité du système.

Dans cet ordre d'idées, on se borne, en général, à une traverse par mètre courant de voie; on se dispense d'employer dans les courbes des rails de 5^m,96, et l'on rachète la différence de longueur des deux files de rails en intercalant de distance en distance un rail plus court, obtenu sur le chantier même par une recoupe à froid; enfin, il n'est pas nécessaire de faire le garnissage complet de la voie, mais il faut avoir soin de bien bourrer les traverses.

Le matériel est généralement amené sur des terres dont le chargement ne doit pas dépasser 10 tonnes; on place habituellement 45 rails ou 100 avec le même matériel sur un truc.

Dans ces conditions, il est avantageux de composer le train de matériel par groupe de 5 wagons, dont 3 de traverses et 2 de rails; il faut environ 20 wagons, soit 4 groupes pour 1 kilomètre de voie.

Le personnel doit comprendre environ 150 hommes dont 1/3 au moins d'ouvriers exercés.

D'après l'instruction de l'École des chemins de fer du génie de Versailles, ce personnel est réparti en 5 brigades de la manière suivante :

1 ^{re} brigade. -- Pour aplanir et disposer le sol qui doit recevoir les traverses...	20 hommes
2 ^e brigade. -- Pour décharger, transporter et mettre en place les traverses....	48 —
3 ^e brigade. -- Pour décharger, transporter et mettre en place les rails.....	48 —
4 ^e brigade. -- Pour enfoncer les crampons et visser les tirefonds, 12 hommes; pour éclisser, 6 hommes; pour distribuer les attaches 4, soit en tout..	22 —
5 ^e brigade. -- Pour dresser et bourrer la voie.....	12 —
Total.....	150 hommes

Il faut environ 8 à 9 heures à un atelier ainsi composé pour rétablir 1 kilomètre

de voie, le matériel étant apporté par un train à l'emplacement voulu.

Pour diminuer la longueur du transport à bras des rails et des traverses, on refoule le train jusqu'au point où commence l'interruption de la voie, et on fait avancer au fur et à mesure de la pose.

396. Réparations improvisées. — Lorsque les matériaux de la voie font défaut on est obligé d'avoir recours à des réparations improvisées, mais ce ne sont que des expédients qui ne permettent pas une exploitation bien active, et qui ne sont admissibles que pour de petites interruptions seulement.

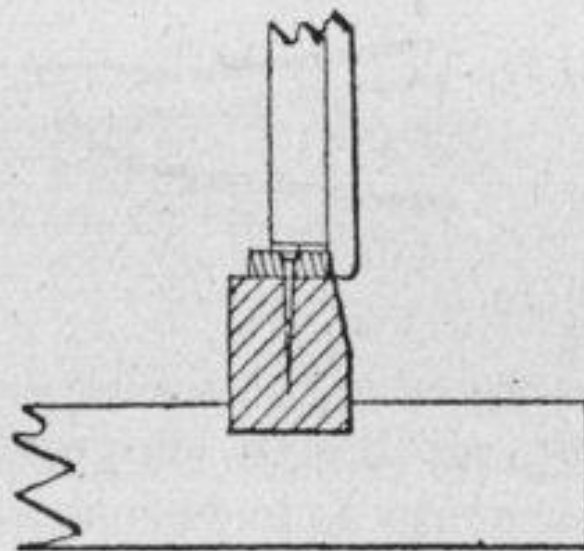


Fig. 218.

On peut remplacer les rails, par des longrines en bois recouvertes d'une plaque en fer méplat, fixée sur la longrine par des broches ou des vis à bois (fig. 218).

Les longrines sont elles-mêmes fixées sur les traverses au moyen de boulons ou de broches.

Lorsqu'on manque de traverses, on peut en improviser au moyen de bois de 0^m,20 à 0^m,25, sciés à la longueur convenable et refendus en deux. La face plane est alors placée en dessous. Si les bois ont moins de 0^m,20 de diamètre, on peut encore les employer, mais il faut rapprocher les traverses en conséquence.

Les platines de joint, éclisses, coussinets-éclisses, peuvent se remplacer par des lames de forte tôle disposées de façon à embrasser la tige ou la partie inférieure des rails.

Les tirefonds sont remplacés par des

crampons, et à défaut par de gros clous ou des broches.

Les *coussinets* peuvent être remplacés par des tasseaux en bois fixés sur les traverses de chaque côté du rail par des tirefonds ou par des chevilles (*fig. 219*).

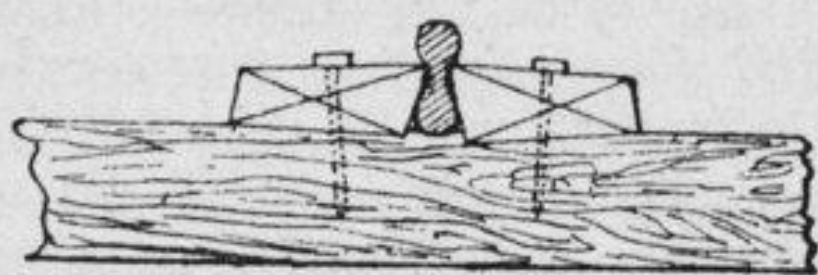


Fig. 219.

397. Rétablissement des accessoires de la voie. — On peut remplacer les aiguil-

lages et les pièces de croisement mis hors de service, par des changements et des croisements à rails mobiles. Ces appareils dont la disposition a été donnée au chapitre IV, sont simples et faciles à improviser uniquement avec les matériaux ordinaires de la voie.

Lorsque la destruction a porté seulement sur la pièce de croisement, on peut reconstituer cette dernière à l'aide d'un bloc de bois dur de 0^m,20 à 0^m,25 d'épaisseur, dans lequel on creuse le passage des boudins des roues, et dont on garnit les parties en relief de bandes de fer fixées par des vis en bois (*fig. 220*).

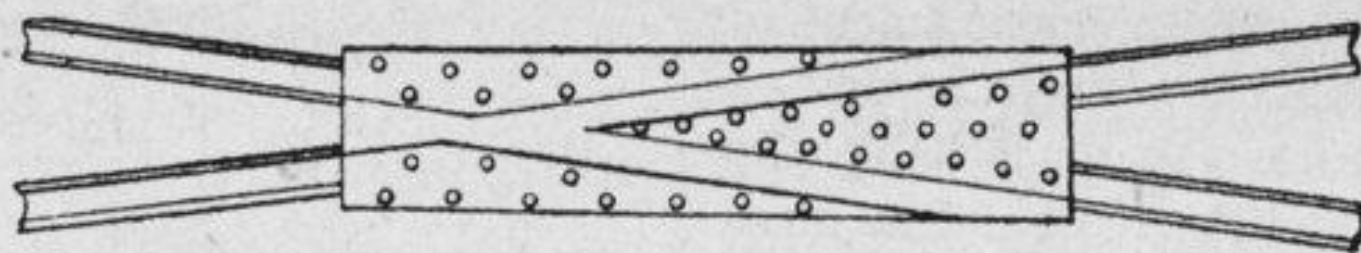


Fig. 220.

On peut, au besoin, improviser une plaque tournante pour la manœuvre des wagons isolés, en employant deux rails soutenus vers leurs extrémités par quatre galets et fixés en leur milieu par une forte traverse, en bois portant un petit pivot en fer; les galets roulent sur un cadre en madriers assemblés à mi-bois; le tout est placé dans une fosse circulaire de 0^m,20 à 0^m,25 de profondeur environ.

Pour la manœuvre des locomotives, on emploie des changements pour rebroussement, en ayant soin que le rayon des courbes ne soit pas inférieur à 100 mètres.

Quant aux appareils d'alimentation, réservoirs, machines élévatoires, grues hydrauliques, les circonstances seules peuvent indiquer les réparations à exécuter.

398. Réparation des tranchées. — On détermine par une reconnaissance préalable, les moyens à employer pour enlever les décombres, si l'obstacle peut être attaqué à la fois par ses deux extrémités et par la partie supérieure, les endroits où l'on doit faire les dépôts, etc.

On réunit ensuite les ouvriers, les outils et surtout les moyens de transport nécessaires, et l'on installe, au besoin, des voies provisoires pour l'évacuation du déblai.

Le travail n'est entrepris que sur la largeur du passage à frayer, c'est-à-dire de manière à laisser à la partie inférieure une largeur en couronne de 3^m,40.

Le travail terminé, on laisse sur les lieux une équipe d'ouvriers outillés et pourvue de matériaux, chargée d'examiner les talus avant et après le passage de chaque train, et de faire tomber les blocs en saillie dont la chute serait à craindre. En cas d'éboulement, cette équipe fait usage des signaux de ralentissement ou d'arrêt si c'est nécessaire.

399. Réparation des déblais. — Une reconnaissance indique s'il est préférable de combler la brèche en refaisant le remblai ou de le franchir en construisant une estacade provisoire.

Dans le premier cas on se procure les ouvriers et les outils nécessaires, ainsi que les moyens de transport. Suivant la

nature des terres, on les laissera à terres coulantes, ou l'on fera des talus plus raides et revêtus, afin de diminuer le cube du remblai.

Dans le but de remédier aux tassements plus ou moins considérables qui se produisent toujours dans les premiers temps, on emploie quelques étais verticaux descendant jusqu'au terrain solide, et soutenant des longrines ou des corps d'arbres placés sous les traverses de la voie, et encastrées dans le remblai; il convient aussi pour augmenter la stabilité de la voie, de rapprocher les traverses et de donner fortement leur lit de pose.

Si malgré ces précautions, des tassements se produisent ultérieurement, ils sont réparés par l'équipe d'entretien, munie à cet effet des outils et des matériaux nécessaires.

Dans le cas où l'on s'est décidé à franchir la brèche par une estacade, on arrête un dispositif approprié aux circonstances, et consistant généralement en travées de 5 à 6 mètres d'ouverture, au maximum, supportées par des chevalets très solides, mais d'une construction simple. Le travail s'exécute comme il sera dit plus loin pour la réparation des ponts.

§ III. — RÉPARATIONS DES TUNNELS

400. Généralités. — La destruction la plus grave que l'on puisse rencontrer sur une voie ferrée est sans contredit celle d'un tunnel important dont on ne peut se passer, et qui ne peut être tourné par la construction d'une voie dérivée.

Les précautions à exécuter peuvent présenter des difficultés énormes, et l'on ne saurait s'entourer de trop de renseignements.

L'obstruction d'un tunnel peut consister :

1° En un simple barricadement, sans que la maçonnerie ait souffert; dans ce cas, le déblaiement peut exiger du temps, mais ne présente généralement pas de difficultés.

2° En un éboulement plus ou moins considérable produit par l'explosion des mines; mais soit que la montagne, peu élevée, soit descendue entièrement dans le tunnel, soit que le terrain situé au-dessus des parties écroulées soit assez consistant pour se maintenir, les effets de la destruction ne paraissent pas devoir s'étendre. Dans ce cas le déblaiement du tunnel

s'opère comme celui d'une tranchée, mais en prenant plus de précautions, soit pour faire tomber les blocs ébranlés, soit pour étayer certaines parties menaçantes.

3° En un éboulement tel qu'il ne peut être enlevé sans en provoquer d'autres, par suite du terrain coulant dans lequel on se trouve, et de l'élévation de la montagne sous laquelle passe le tunnel. Dans ce cas, si l'on ne peut contourner la montagne par une déviation de la voie, il faut recourir à la construction d'une galerie provisoire, comme il va être expliqué ci-après.

401. Construction d'une galerie provisoire. — Il est nécessaire d'établir au préalable un projet sommaire indiquant la marche générale du travail et les mesures à prendre pour l'installation du chantier; ce projet fixe également les dimensions à donner à la galerie de base et la hauteur à laquelle cette galerie doit être percée; enfin, il règle l'effectif et la composition du personnel chargé de la réparation.

Ce personnel doit comprendre, au maxi-

mum, 3 équipes de 50 hommes, principalement des mineurs et charpentiers, pour la fouille, la préparation et la pose des bois ; on leur adjoint les auxiliaires nécessaires pour l'apport des matériaux, l'enlèvement des décombres, etc.

Les dimensions dans œuvre doivent être au moins celles du gabarit des réparations, mais pour se mettre en mesure de parer aux accidents provenant de la poussée des terres, il est nécessaire de les porter à 4 mètres pour la largeur, et à 4^m,80 pour la hauteur.

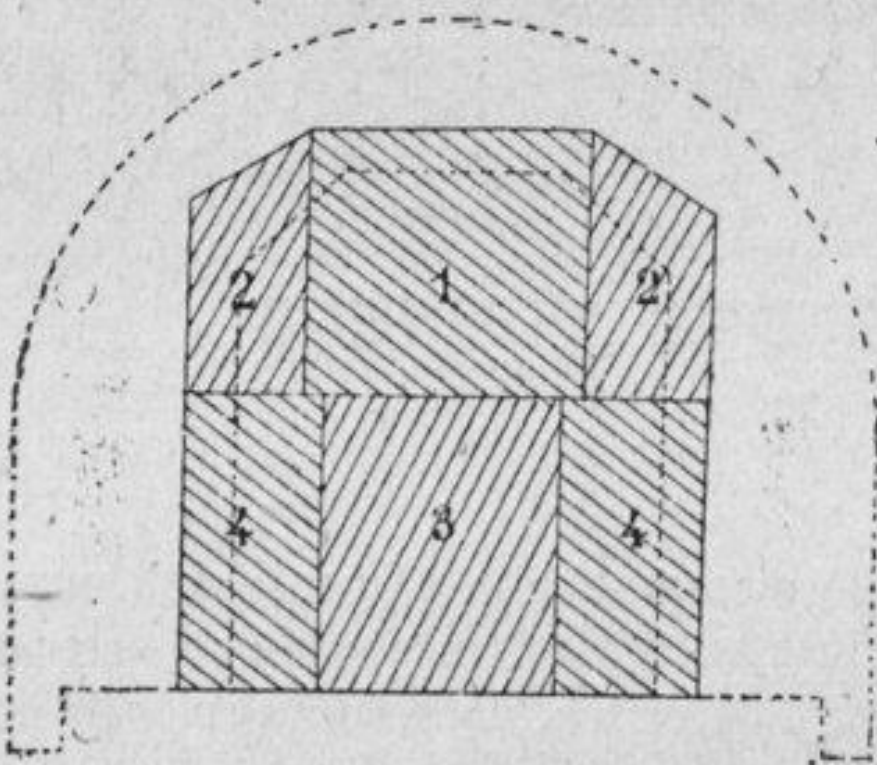


Fig. 221.

Or si le terrain est coulant, une semblable galerie ne peut être construite de prime abord ; il est nécessaire de construire d'abord une galerie de dimensions moindres, puis d'augmenter successivement sa largeur et sa hauteur (fig. 221).

D'après la méthode enseignée à l'école des chemins de fer du génie à Versailles, on divise le travail en cinq périodes, savoir :

1° Percer dans toute la longueur de l'éboulement une galerie dite galerie de base, occupant le sommet du gabarit.

(Voir la partie numérotée 1, sur la figure 221.)

2° Élargir à droite et à gauche, la galerie de base. (Parties numérotées 2, sur la figure 221.)

3° Approfondir cette galerie. (Partie numérotée 3 sur la figure 221.)

4° Élargir à droite et à gauche dans la partie approfondie. (Parties numérotées 4, sur la figure 221.)

5° Substituer aux étais placés dans les opérations précédentes de grands châssis laissant le passage libre.

Ces divers travaux s'exécutent d'ailleurs simultanément par des ateliers échelonnés à des distances variables, suivant les difficultés du terrain. La galerie de base a, autant que possible, 2 mètres de largeur sur 2^m,10 de hauteur dans œuvre ; toutefois, lorsque le terrain est très difficile, il faut réduire ses dimensions, surtout en hauteur, et diviser la construction de cette galerie en deux périodes, ce qui porte le nombre total de ces dernières à six.

Pour l'évacuation rapide des déblais, on installe sur les semelles de la galerie de base, une voie de terrassement sur laquelle circulent des wagonnets ; cette voie est abaissée ultérieurement et placée au fond de l'approfondissement central.

Il serait trop long d'entrer dans les détails d'exécution d'une semblable galerie ; les travaux s'exécutent comme ceux d'une galerie de mine et d'après les mêmes principes.

Une fois la galerie achevée, et la circulation de la voie ferrée rétablie, on y place une équipe d'entretien composée en majeure partie de charpentiers, avec les matériaux nécessaires pour exécuter les réparations et les renforcements.

§ IV. — RÉPARATIONS DES PONTS ET VIADUCS

Espèces de réparation.

402. Il y a deux manières de réparer un pont ou un viaduc détruit : 1° en comblant la brèche ; 2° en la franchissant à l'aide d'un pont.

Le *comblement de la brèche* ne peut s'appliquer que pour les ponts ou les viaducs de faible hauteur ; cette opération ne présente pas de difficultés et s'exécute comme un remblai ordinaire ; toutefois il faut avoir soin de donner au terrassement un point d'appui solide à sa partie la plus avancée, soit à l'aide d'enrochements, soit à l'aide de pieux et de palplanches.

Le *franchissement de la brèche par un pont provisoire* de une ou plusieurs travées est un procédé plus généralement employé que le comblement, car il peut s'appliquer à tous les genres de brèche, quelles qu'en soient les dimensions.

Le pont provisoire à établir peut être construit, soit avec un matériel de poutres métalliques, préparé à l'avance, soit à défaut de ce matériel, avec un dispositif de charpente aussi simple que possible et improvisé avec les ressources locales.

Ponts provisoires au moyen d'un matériel métallique préparé à l'avance (1).

403. Pour franchir une brèche, la meilleure méthode consiste à employer

(1) Ce matériel a été créé par le chef de bataillon du génie Marcille, alors qu'il commandait les compagnies d'ouvriers de chemins de fer du génie à Versailles. Pour le pont Marcille et autres ponts métalliques semblables, voir pages 565 et suivantes des *Sciences appliquées*.

un tablier très résistant, de manière à supprimer les supports intermédiaires.

En effet, les supports isolés ont besoin, ou d'être encastrés à leur base, ou de reposer sur un point d'appui solide et d'être retenus par des haubans à la partie supérieure. Dans les deux cas, si la destruction est sérieuse, il faudra réparer sous l'eau la maçonnerie ébranlée ou les charpentes brisées, ou bien exécuter les nouvelles fondations dont on a besoin, en battant ou vissant des pilots, etc. etc.

Ces travaux, toujours longs en temps de paix, ne peuvent pas gagner beaucoup en rapidité à la guerre.

Les tabliers, au contraire, n'ont besoin d'aucun encastrement. Ils ne font que reposer sur des points d'appui solides, ou qui sont faciles à réparer. Au moyen d'un matériel de tabliers métalliques on pourra franchir rapidement des brèches assez considérables. On a admis que la plus grande portée possible à franchir devait être fixée à 60 mètres, et l'on a construit un matériel de poutres métalliques, dans ces conditions ; s'il se présentait des brèches plus larges, on les franchirait au moyen de supports et de tabliers d'une portée égale ou inférieure à 60 mètres.

Le matériel est en acier, métal qui présente le grand avantage d'être environ deux fois plus résistant que le fer ; on peut, par suite, réduire considérablement le poids du tablier.

Chaque tablier se compose de deux poutres droites en forme de double T, reliées entre elles par des entretoises, et dont les parties supérieures constituent des tables horizontales, sur lesquelles sont fixés les rails de la voie (*fig. 222*).

On peut aussi, quand la situation de la

brèche l'exige, placer la voie à l'intérieur du tablier en fixant les rails sur des longrines reposant sur des poutrelles transversales et boulonnées sur elles ; l'écartement des poutres, dans ce cas, est de 4^m,20 (*fig. 223*).

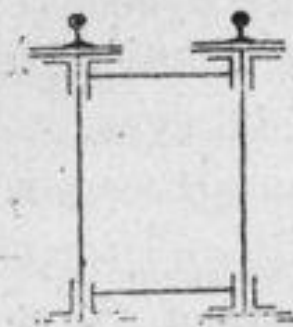


Fig. 222.

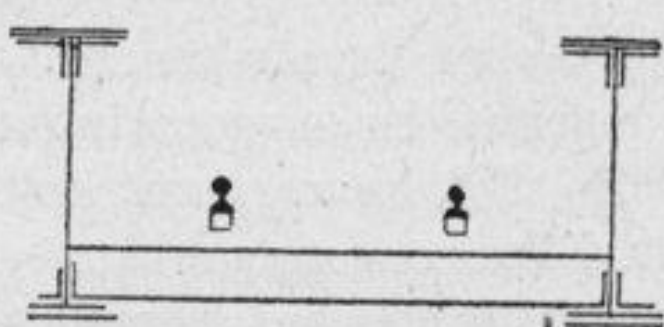


Fig. 223.

Pour les petites portées, les tabliers sont formés de poutres d'une seule pièce. Les modèles destinés aux moyennes et aux grandes portées sont au nombre de trois, comprenant chacun des tronçons de diverses longueurs.

Le matériel d'un certain nombre de ponts à poutres métalliques, est préparé à l'avance, approvisionné dans les dépôts et transporté à pied d'œuvre par la voie ferrée elle-même, au moment du besoin, sur la demande qui en est faite par l'officier chargé d'établir le pont.

Le train arrive devant la brèche, la machine en arrière. Il est composé dans l'ordre suivant : en tête les outils et engins nécessaires pour le déchargement, le montage et la mise en place, puis les divers éléments du tablier dans l'ordre de leur assemblage.

Chacun des wagons ou trucs est successivement déchargé, les éléments du pont sont amenés au contact, et reliés les uns aux autres par des boulons ; on procède alors au lancement.

Le lancement est une opération délicate qui ne peut être faite que par des officiers et des soldats des chemins de fer du génie, lesquels sont exercés à ce travail dès le temps de paix. Il serait trop long de donner ici le détail de cette opération ; nous nous bornerons à le décrire sommairement.

Pour le lancement des ponts, on emploie

un avant-bec et un contrepoids formé avec des tronçons supplémentaires du même type, en nombre suffisant pour que le centre de gravité reste, dans toutes les positions, en dedans de la rive de départ. Le système reposant sur des rouleaux et galets est hâlé jusqu'à sa position définitive, puis on isole le pont de ses accessoires et on l'amène sur ses appuis à la position et au niveau exact qu'il doit occuper.

Pour les ponceaux, le lancement n'exige généralement qu'un avant-bec, sans contrepoids d'aucune espèce.

Ponts de circonstance

404. On détermine, par une reconnaissance préalable, le choix du dispositif à employer, en tenant compte, en outre, du temps et des ouvriers que l'on a à sa disposition.

On s'occupe alors à réunir des matériaux et à les amener à pied d'œuvre, puis on passe à l'exécution, qui comprend généralement les travaux suivants :

a. — Réfection ou consolidation des culées.

b. — Construction de supports intermédiaires.

c. — Établissement des travées.

405. a. *Réfection ou consolidation des culées.* — Généralement, les culées ne sont pas complètement détruites et la réfection n'est que partielle, et exige simplement la réparation et l'étalement des parties dégradées.

Lorsque le pont est en maçonnerie, la réparation consiste à monter une maçonnerie nouvelle, sur la partie restée intacte, en employant du ciment à prise rapide.

L'étalement consiste à appliquer contre la maçonnerie de fortes pièces de bois, plus ou moins inclinées, prenant appui sur le sol, soit directement, soit par l'intermédiaire de semelles ; ces pièces sont reliées entre elles longitudinalement et

transversalement par des traverses et des écharpes en croix de Saint-André.

Quand il s'agit d'une culée élevée,

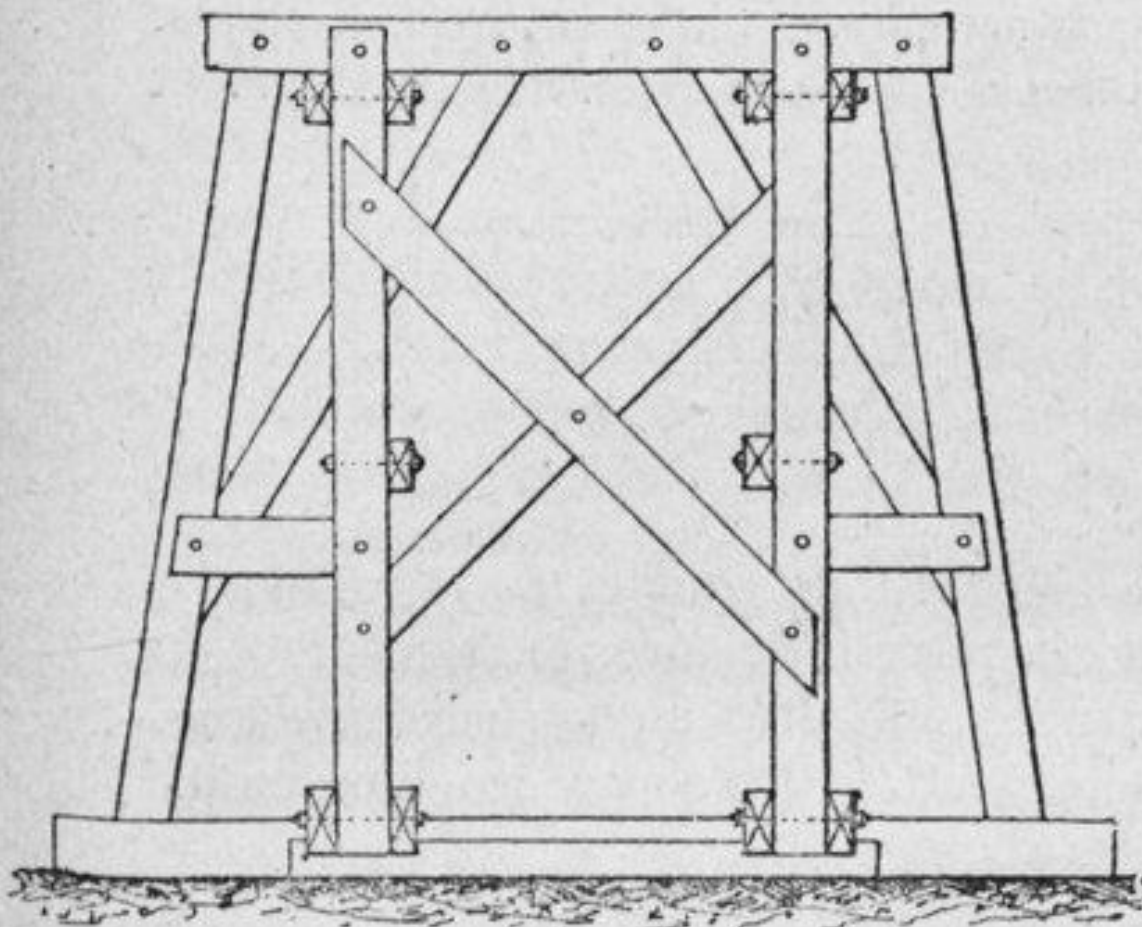


Fig. 224.

comme par exemple celle d'un viaduc, on construit, d'après les mêmes principes, un échafaudage divisé en plusieurs étages.

Quand la réparation d'une culée est terminée, on dresse la plate-forme supérieure, et l'on y établit, en les enracinant solidement, les semelles sur lesquelles doit venir s'appuyer l'extrémité de la travée. La réfection d'une culée est faite d'une manière analogue à celle qui va être indiquée pour les supports intermédiaires.

406. b. Construction de supports intermédiaires. — Les supports intermédiaires consistent ordinairement en chevalets ou palées en bois.

Les chevalets sont semblables à ceux dits tréteaux de maçons, et se composent de quatre pieds supportant un chapeau, et réunis entre eux par des écharpes et des traverses. Le chapeau est en outre soutenu par des coussinets placés de part et d'autre de la partie supérieure des pieds, de plus, ces derniers sont appuyés sur des semelles posées sur le terrain solide (*fig. 224*).

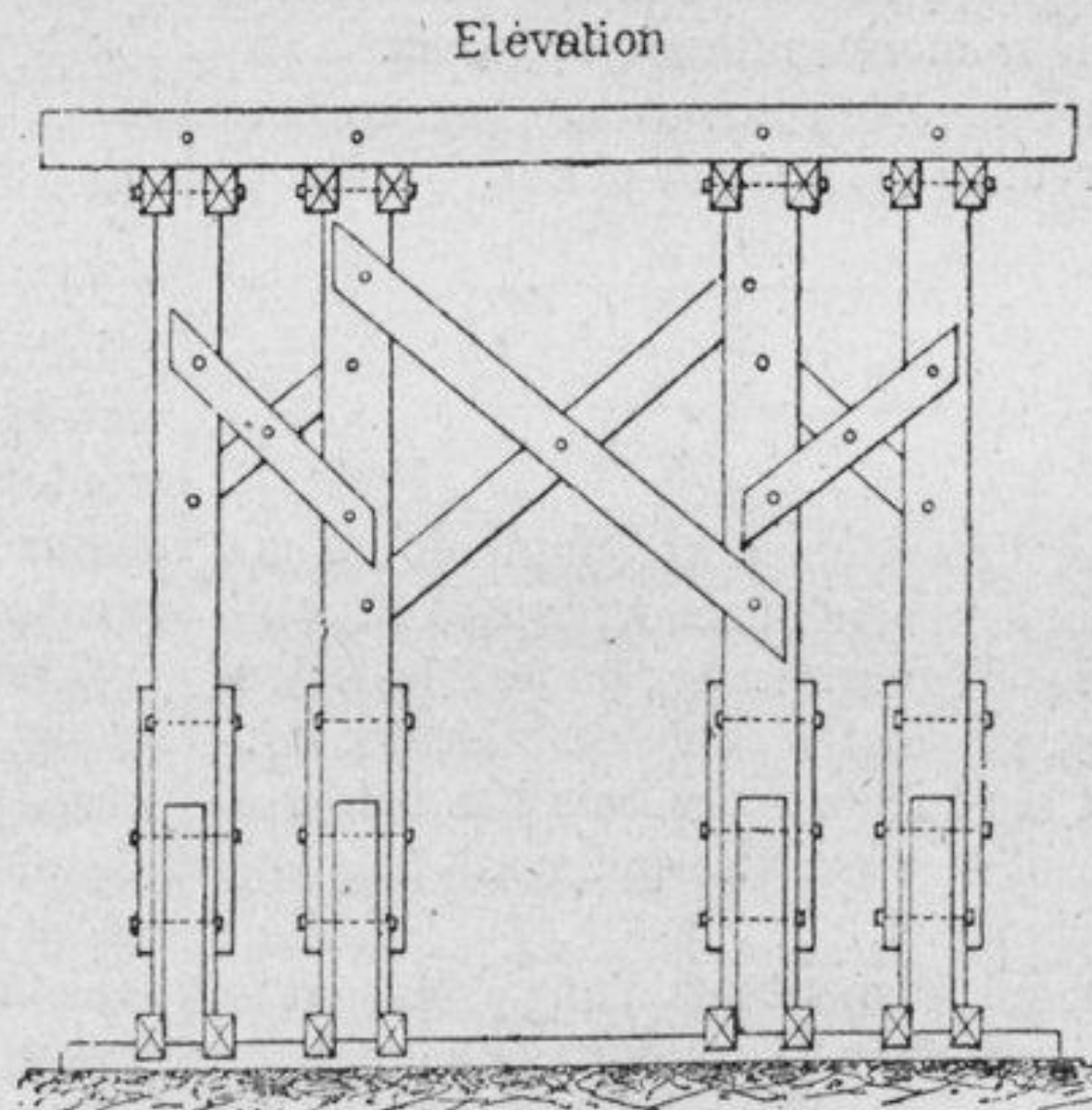
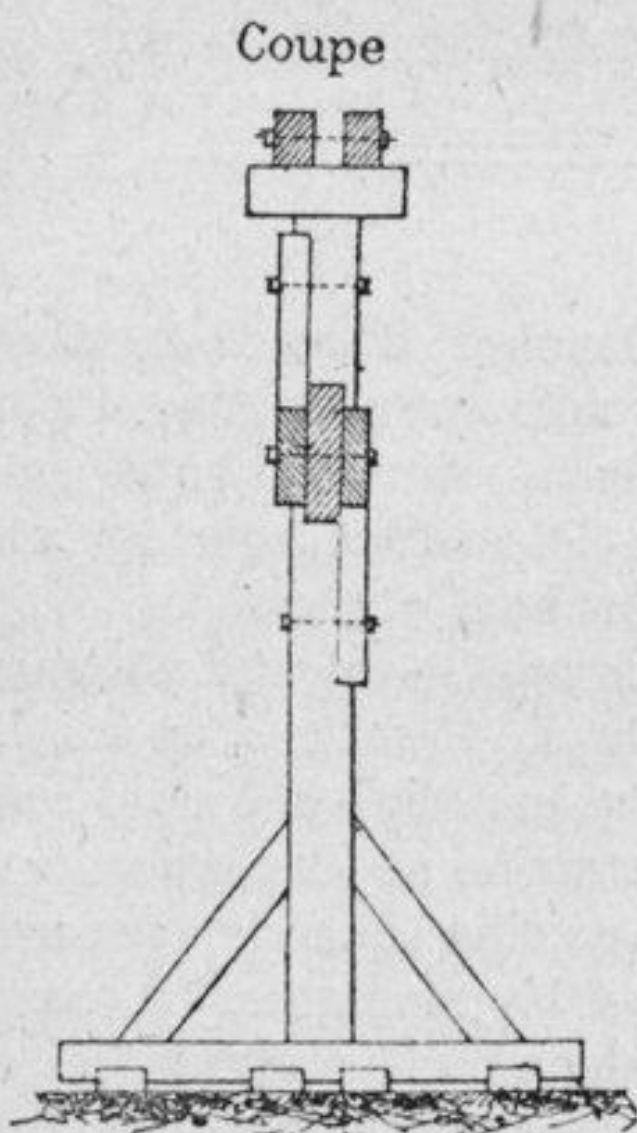


Fig. 225.

Enfin le chapeau est souvent formé de deux moises et se prolonge de part et d'autre des pieds ; il est contreventé par deux jambes de force qui viennent reposer sur une semelle longitudinale.

Toutes les pièces ont un équarrissage

d'environ 25 sur 25 ou 20 sur 25 au minimum.

Les chevalets ne peuvent être employés que pour des travées de 6 à 7 mètres de portée au maximum et ne peuvent avoir plus de 4 mètres de hauteur. Pour les

ponts plus importants on emploie les palées.

407. Les palées peuvent être composées de montants établis sur semelles, ou formées de pilots enfoncés au refus, ces dernières sont surtout avantageuses pour les petites portées.

Les palées peuvent être simples, doubles ou triples, c'est-à-dire que les montants ou pilots peuvent être disposés sur une ou deux rangées.

Les palées simples ne conviennent que pour de faibles portées. Pour des portées plus grandes, on fait usage de palées doubles et mêmes triples, en ayant soin de relier entre elles toutes les pièces, de manière à les rendre solidaires.

Quand la palée est posée sur des semelles, elle doit être consolidée à sa base par des jambes de force (fig. 225).

Le chapeau couronnant chaque palée est ordinairement composé de deux pièces moisées embrassant les montants terminés à leur sommet en forme de tenons.

On consolide l'assemblage par un boulon réunissant les trois pièces.



fig. 220.

Les dimensions des montants et des chapeaux sont généralement de 20 à 25 centimètres d'équarrissage ; on peut les calculer exactement à l'aide de tableaux donnant la résistance des bois à la compression, et de méthodes qu'il serait trop long d'indiquer ici.

Quand les montants d'une palée sont en plusieurs pièces, à cause de la hauteur du pont, on réunit ces pièces par une des trois méthodes suivantes :

1° Au moyen d'une enture à mi-bois consolidée par des boulons ou des frettes en fer (fig. 226).

2° Au moyen d'une enture métallique. Dans ce cas, après avoir dressé carrément

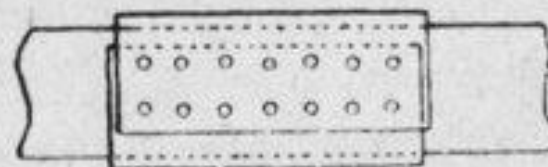


Fig. 227.

les surfaces de contact de la rallonge et de la pièce inférieure, on rend les deux parties solidaires au moyen d'une enveloppe en tôle fixée par des clous ou par des vis (fig. 227).

3° On peut aussi placer contre les faces verticales des montants plusieurs barres de fer plat de fort échantillon, reliées entre elles par des boulons traversant le bois (fig. 228).

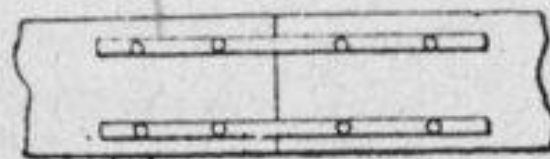


Fig. 228.

Indépendamment de ces assemblages, il est encore nécessaire de consolider les montants, en les réunissant entre eux au-dessus et au-dessous de chaque assemblage par des coins moisés recroisés.

Si les montants devaient avoir une longueur de plus de 15 mètres, on les disposerait en plusieurs étages.

Enfin, lorsqu'on ne peut rencontrer de pièces de bois d'un équarrissage suffisant pour former les montants, on compose ceux-ci de deux ou plusieurs pièces jumelées et réunies solidement par des boulons et par des frettes.

§ V. — RÉPARATIONS DES BRÈCHES A PETITE PORTÉE

408. Pour réparer une brèche de petite portée, c'est-à-dire ayant moins de 10 mètres, on peut employer soit des rails, soit des fers du commerce, soit avec des poutres en bois.

409. 1° *Réparation avec des rails.* — Pour réparer des brèches de moins de 5 mètres de portée, on peut employer avec avantage des rails ordinaires de 6 mètres. Si l'on dispose des rails de 8 mètres de longueur, on peut même réparer des brèches de 7 mètres de portée.

Ce procédé, le plus simple, consiste à placer en travers de la brèche un nombre de rails suffisant, sur lesquels on établit la superstructure de la voie. Les rails peuvent être posés sur une ou plusieurs couches.

Avec des rails en fer disposés sur une couche, il faut :

8 rails pour une portée de 2 mètres (fig. 229) ;

16 rails pour une portée de 3 mètres ;

24 rails pour une portée de 4 mètres ;

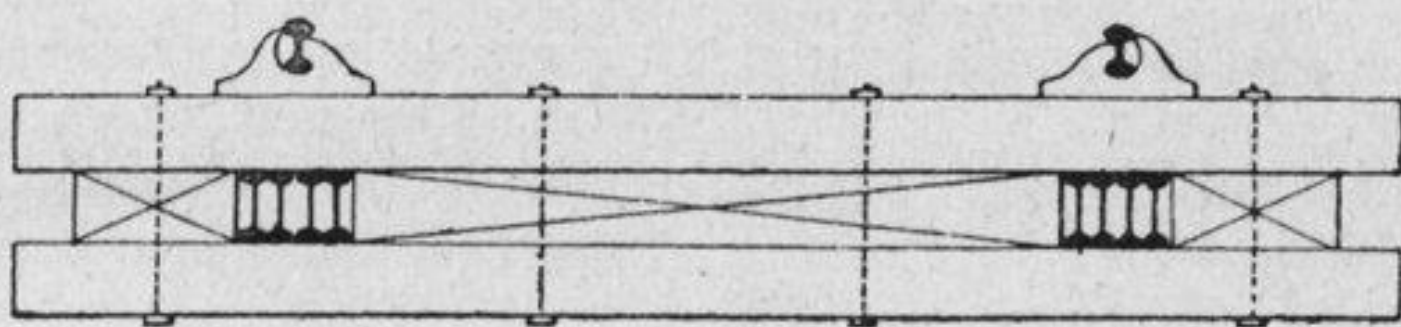


Fig. 229.

Les rails à double champignon sont simplement juxtaposés ; les rails à patin sont placés alternativement avec le champignon, en-dessus ou en-dessous.

On rend les rails solidaires au moyen de traverses conjuguées placées de distance en distance et reliées entre elles par des boulons.

Pour les portées supérieures à 4 mètres, on groupe les rails en plusieurs couches, de manière à former deux poutres que l'on place à l'aplomb des rails de la voie. Lorsque la portée dépasse une longueur de rail, on réunit par des éclisses les abouts des rails contigus, et on a soin de faire recroiser les joints.

Si les rails sont à double champignon, chaque poutre est formée de deux files de rails superposés, dont les faces extérieures sont maintenues par de forts boulons verticaux reliant les traverses

conjuguées, de manière à maintenir les poutres. Celles-ci sont, de plus, contreventées par des écharpes en croix (fig. 230).

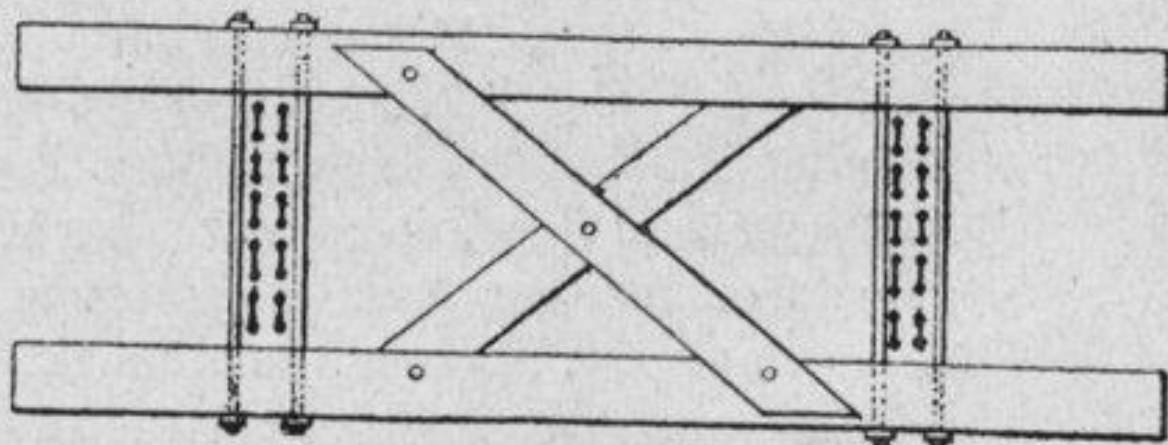


Fig. 230.

Pour franchir une portée de 5 mètres, il faut 2 poutres de 8 rails chacune ;

Pour franchir une portée de 6^m,20, il faut 2 poutres de 10 rails chacune ;

Pour franchir une portée de 7^m,70, il faut 2 poutres de 12 rails chacune.

Les dispositifs en rails à patin peuvent être construits comme ceux en rails

à double champignon ; mais on peut aussi former des poutres triangulaires en plaçant les rails avec le patin alternativement en dessus ou en dessous, comme l'indique la figure ci-dessous (fig. 231).

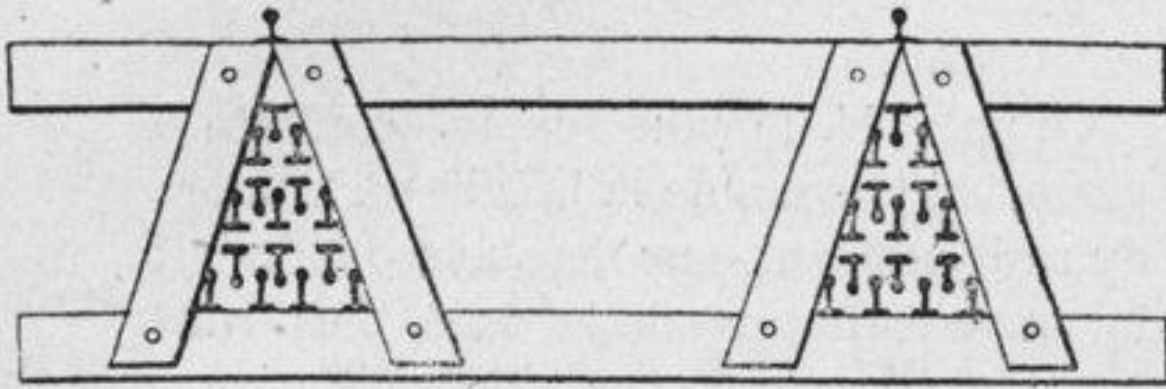


Fig. 231.

Cette disposition permet de remplacer les boulons verticaux, dans le cas où ils font défaut, par des écharpes formées de bouts de traverses appliquées contre les rails et boulonnées sur les traverses conjuguées.

Avec des dispositifs en rails à patin, il faut :

2 poutres de 8 rails chacune pour franchir une portée de 4^m,50 ;

2 poutres de 15 rails chacune pour franchir une portée de 7 mètres ;

2 poutres de 24 rails chacune pour franchir une portée de 10 mètres.

410. 2° Réparation d'une brèche à l'aide de fers à double T du commerce. — Lorsqu'il se trouve dans le voisinage de la brèche à réparer des usines métallurgiques, où l'on peut se procurer des fers à double T, il y a lieu de les utiliser. Pour apprécier leur force, on mesure leur largeur, leur hauteur dans œuvre et hors œuvre, puis l'on cherche, dans les tables spéciales qui sont dressées par toutes les grandes usines pour les fers fabriqués par elles, le poids qu'un fer de ces dimensions peut supporter, et l'on en conclut le nombre de fers à employer pour franchir la portée.

Les fers sont disposés, comme il a été dit pour les rails, en une ou plusieurs couches, en les maintenant au moyen de traverses conjuguées, et en les serrant les unes contre les autres par des coins.

411. 3° Réparation d'une brèche à l'aide de poutres en bois. — A défaut de fer, ou bien encore si l'on trouve des bois de charpente à proximité, on peut employer ces derniers en les répartissant comme il a été dit pour les rails, en deux groupes appelés fermes.

Il y a grand avantage à superposer les poutres en bois, car en augmentant du double, du triple, etc., la dimension en hauteur, on double, on triple, etc., la force de résistance du support. Toutefois, il est indispensable alors que les poutres soient liées invariablement par des fermes très solides et très nombreuses, ce que l'on n'a pas toujours le temps d'exécuter.

Des tableaux spéciaux indiquent quelles sont les dispositions et le nombre des poutres à employer suivant la portée de la brèche.

Lorsque les poutres sont placées de niveau, elles sont fixées sur les culées à l'aide de fortes échantignolles ; les traverses sont posées par-dessus avec un en-

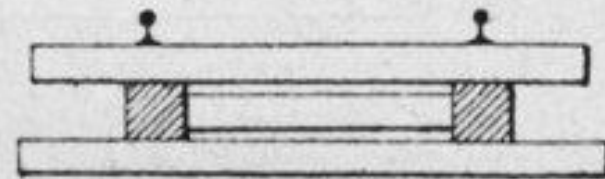


Fig. 232.

castrement de 3 à 4 centimètres de profondeur ; elles sont fixées à l'aide de chevilles ou de boulons ; les poutres sont de plus contreventées par des traverses (fig. 232).

Lorsqu'il y a plusieurs poutres superposées, on les réunit par de forts boulons espacés de mètre en mètre. Les traverses



Fig. 233.

sont conjuguées de 2 mètres en 2 mètres, et contreventées par des écharpes (fig. 233).

Lorsque les fermes se composent de poutres juxtaposées sur plusieurs ran-

gées, on les réunit par des étriers formés de deux boulons à deux écrous, et de deux brides qui les assemblent entre eux (*fig. 234*).

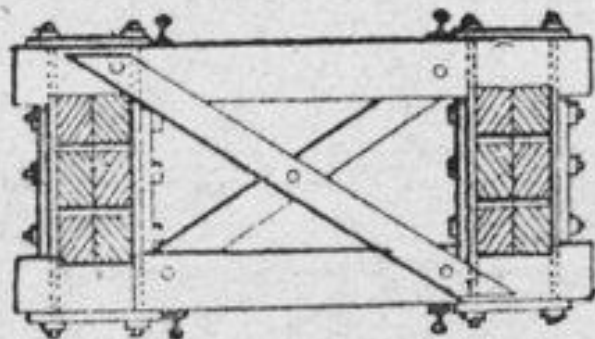


Fig. 234.

Pour empêcher le glissement longitudinal des poutres superposées, on chasse des coins de distance en distance, dans les joints, et l'on applique contre les faces verticales des poutres, des bouts de madriers que l'on fixe par des chevilles ou par des boulons.

Quand on emploie pour les fermes trois poutres alternées, on les réunit à l'aide de boulons et de brides de la manière indiquée ci-contre (*fig. 235*).

Lorsque les portées dépassent 6 mètres, on est souvent obligé de composer les poutres de plusieurs morceaux. Il faut alors recroiser les joints, réunir les bouts coupés carrément, et soutenir le joint par

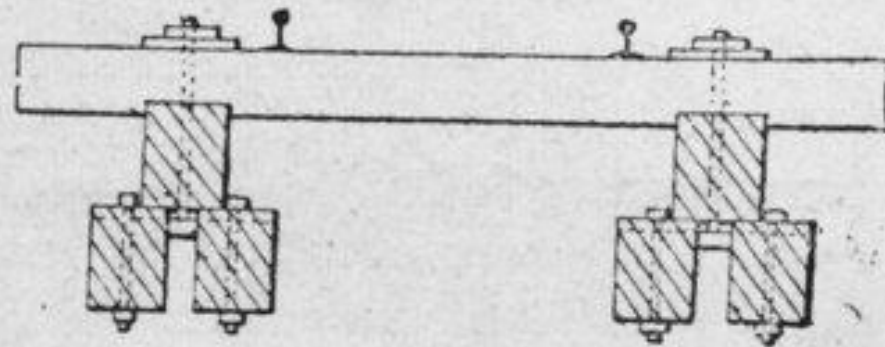


Fig. 235

deux forts madriers ou deux fortes plaques de fer appliquées contre les faces verticales des deux poutres, et maintenues entre elles par quatre boulons au moins.

Le pont est construit directement sur ses supports, lorsque la brèche n'a pas une grande portée; dans le cas contraire, les fermes sont construites sur la rive, et mises en place par des procédés qui seront indiqués plus loin.

§ VI. — RÉPARATION DES BRÈCHES DE GRANDE PORTÉE

412. Lorsque les portées dépassent 15 mètres, on est obligé d'employer des poutres ayant une plus grande force de résistance que celle dont il vient d'être question. Les deux genres de poutres que l'on emploie généralement sont celles du

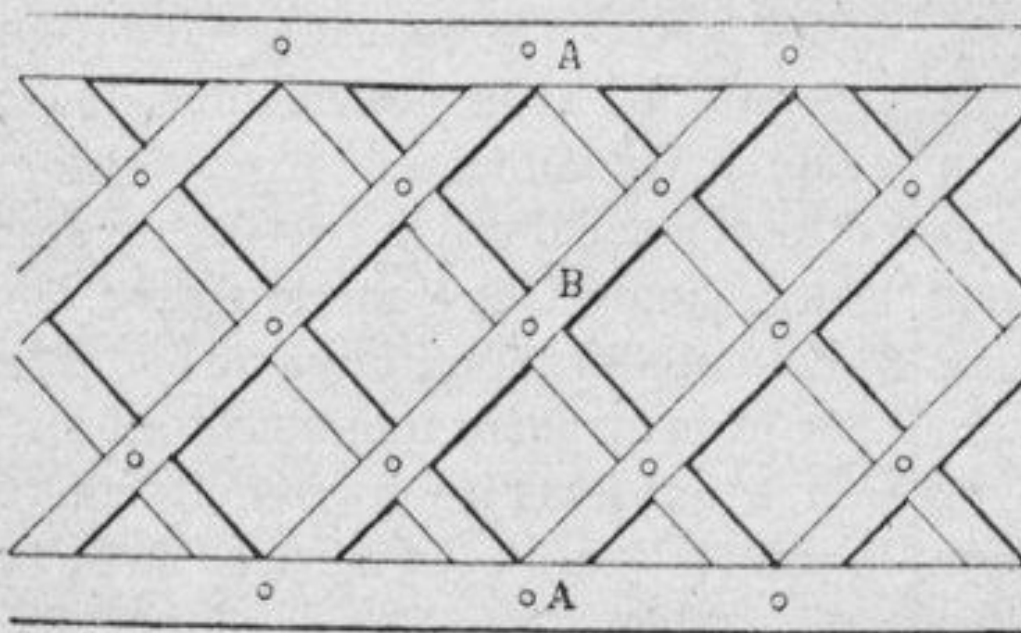
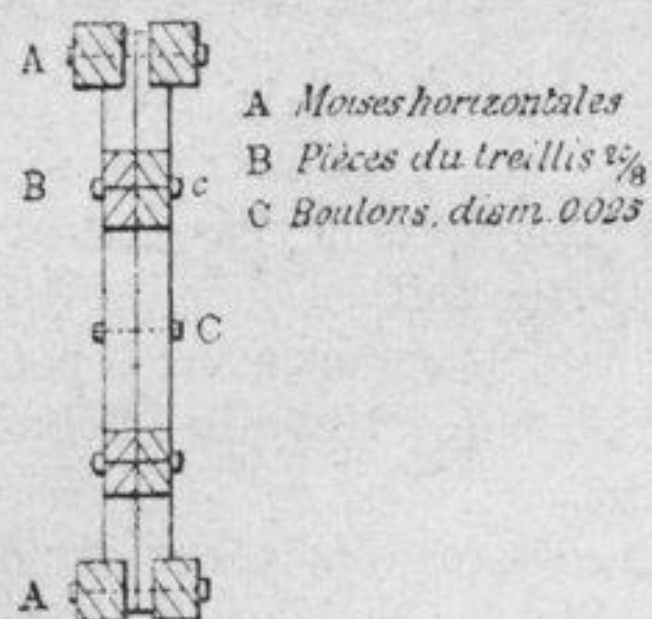


Fig. 236.



A *Moises horizontales*
B *Pièces du treillis $\frac{1}{8}$*
C *Boulons, diam. 0.025*

système de Howe et celles du système de Tower.

Nous donnons ci-dessus (*fig. 236*) l'élé-

vation et la coupe du système de Howe.

A l'aide de la légende et de la figure, on peut se rendre compte aisément des dé-

tails de construction de ce système, qui constitue un ouvrage de charpente assez compliqué, demandant des ferrures préparées d'avance et un cube de bois assez considérable.

La figure 237 représente en élévation et en coupe une poutre système Tower.

Elle présente sur la poutre système de Howe l'avantage de ne point exiger de ferrures préparées d'avance, mais elle

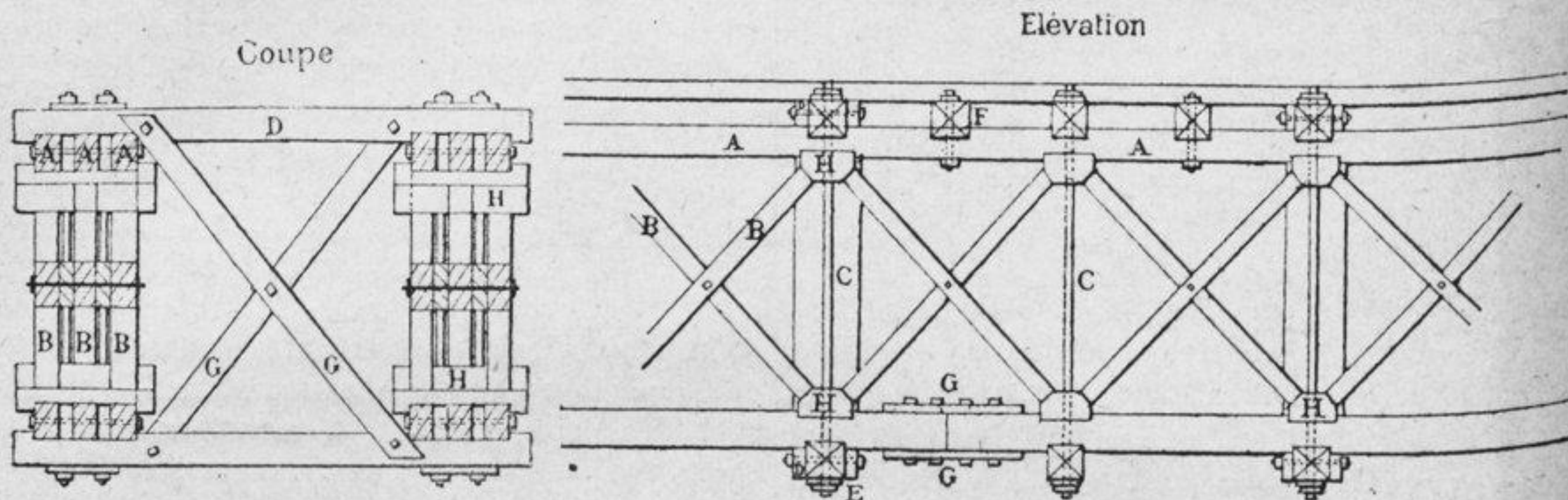


Fig. 237.

exige un volume de bois plus considérable et est moins résistante que la première. Aussi n'emploie-t-on la poutre système Tower que lorsque les ferrures font défaut. Les deux systèmes sont, en somme, des constructions de charpente nécessitant beaucoup de précision et de main-d'œuvre, ainsi qu'un outillage assez considé-

nable; ils ont l'avantage de n'exiger que des bois sous des formes simples et sous sujétion d'assemblages; ils ne peuvent être construits que par des ouvriers exercés, comme ceux des sections militaires techniques ou des compagnies d'ouvriers des chemins de fer du génie.

La construction de ces dispositifs se fait

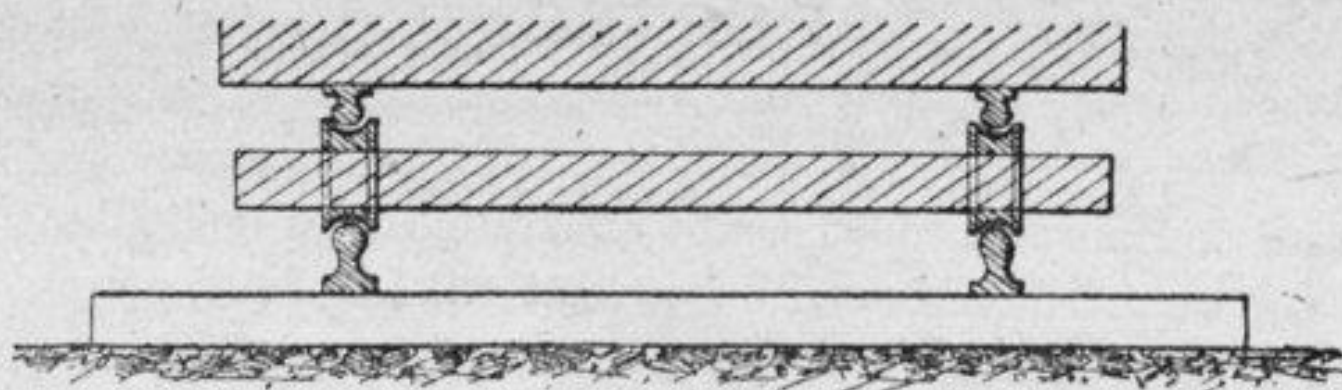


Fig. 238.

généralement sur la rive, par un assez grand nombre d'ouvriers, ayant chacun leur tâche spéciale; l'assemblage de chaque poutre se fait en face de l'emplacement qu'elle doit occuper sur le pont par deux brigades qui travaillent chacune à une poutre.

La mise en place des dispositifs pour franchir les brèches de grande portée est une opération délicate et qui doit être construite avec beaucoup de précautions et de méthode. Elle a lieu de la manière

suivante à l'École des chemins de fer du génie à Versailles.

On place d'abord la travée sur des rouleaux, comme l'indique la figure 238.

La plate-forme sur laquelle doit se mouvoir le pont porte une voie dont les rails s'engagent dans les gorges des rouleaux; les plates-bandes inférieures de la travée sont également munies de deux rails s'engageant dans les mêmes poulies par leurs champignons placés en-dessous.

Dans certains cas, il peut être avanta-

geux de remplacer la voie de lançage et les rouleaux mobiles par un certain nombre de rouleaux fixes.

On place sur chacune des culées, au point le plus avancé possible, deux poulies fixes dont les gorges reçoivent les cham-

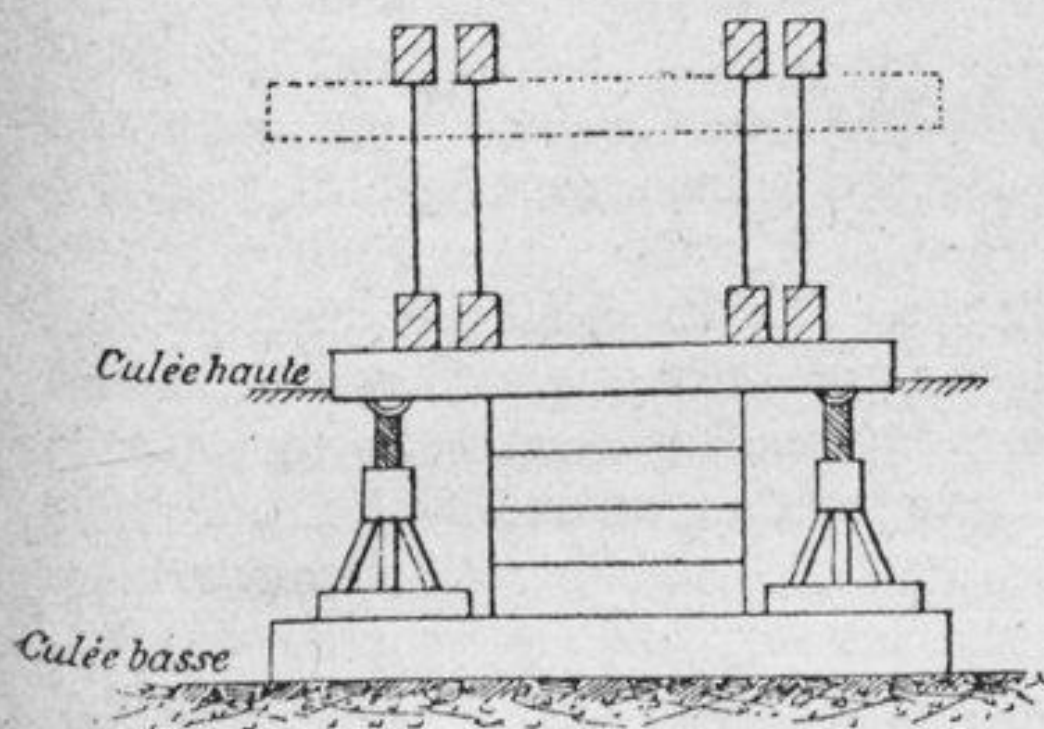


Fig. 239.

pignons des rails. La manœuvre à exécuter se décompose en deux parties bien distinctes : 1° le hâlage de la travée; 2° la

descente à la position qu'elle doit occuper (fig. 239).

413. Hâlage de la travée. — Le hâlage s'exécute au moyen de palans installés des deux côtés de la travée. Les moufles mobiles de ces palans sont accrochées à un câble embrassant l'arrière de la travée, et l'on hâle en faisant tirer les cordons de traction soit à bras d'hommes, soit au moyen d'un treuil à engrenages (fig. 240).

Lorsque la travée arrive dans une position telle que son centre de gravité corresponde au dernier point d'appui sur la culée de départ, il est évident qu'elle basculerait infailliblement si, à partir de ce moment, on ne soutenait sa partie antérieure.

On peut pour cela employer plusieurs moyens :

1° Disposer en un point intermédiaire du parcours, un support quelconque ;

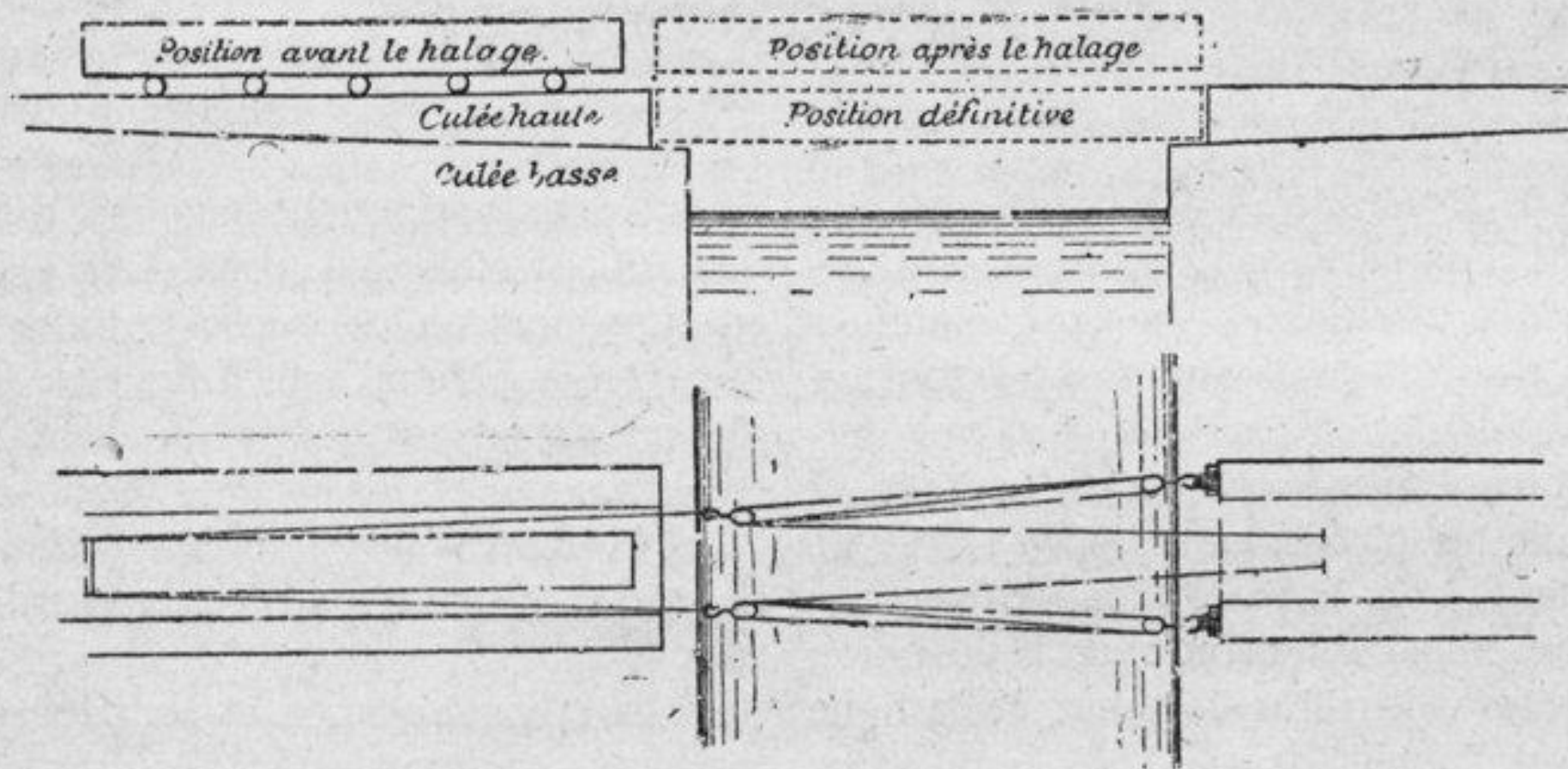


Fig. 240 et 241.

2° Couvrir la travée d'un avant-bec suffisamment long que l'on enlève une fois qu'elle est arrivée au-dessus de ses supports ;

3° Diminuer la portée en établissant, sur chacune des culées, une construction en saillie, dite avant-culée.

4° Soutenir la partie antérieure de la travée, soit par des grues ou chèvres puissantes établies sur la rive d'arrivée,

soit par de forts câbles solidement ancrés sur les deux rives ;

5° Faire équilibre à la surcharge résultant du porte-à-faux par des contre-poids placés à l'arrière.

On a recours, suivant les circonstances, à l'un ou à l'autre de ces procédés, et même quelquefois à plusieurs d'entre eux combinés. En général, pour les travées de 12 à 15 mètres, on emploie un avant-

bec ou une grue installée sur la rive d'arrivée ; pour des portées supérieures à 15 mètres, on emploie un avant-bec combiné avec l'établissement d'avant-culées et d'un contre-poids à l'arrière.

414. Descente de la travée à la position définitive. — Lorsque le hâlage de la travée est terminé, on la cale sur les culées, on démonte ou on coupe l'avant-bec et, s'il y a lieu, les avant-culées. Il reste alors à enlever les cales et à abaisser la travée de manière qu'elle vienne reposer sur les culées basses. Cette dernière opération s'exécute au moyen de verrins.

Lorsque le lançage a eu lieu sans l'emploi d'avant-culées, on place les deux verrins sur les culées basses, on soulève la travée en agissant sur la traverse su-

périeure, on enlève successivement les traverses inférieures qui la soutenaient et l'on fait descendre la travée jusqu'à la limite de la course des verrins. On place alors une nouvelle traverse sous les poutres supérieures des fermes, et on termine l'opération en faisant descendre avec les verrins, jusqu'à ce que la travée soit à son emplacement définitif (*fig. 241*).

Quand il y a des avant-culées, on ne peut caler la travée à l'aide de traverses; dans ce cas, il faut avoir soin de laisser aux poutres supérieures, au moment de la construction, un excédent de longueur de 1^m,50 à 2 mètres, sous lesquelles on place les verrins et les cales, puis l'on opère d'une manière à peu près analogue à celle qui vient d'être décrite.

§ VII. — VOIES DÉVIÉES

415. Généralités. — Lorsque certaines réparations paraissent présenter des difficultés particulières, on doit examiner s'il n'y aurait pas avantage à les tourner par une déviation partielle de la voie ferrée; quand cette solution est adoptée, et suivant les circonstances, il y a lieu de décider si l'on doit abandonner ou poursuivre, concurremment avec la déviation entreprise, le rétablissement de la ligne suivant l'ancien tracé.

416. Principes du tracé. — Le tracé d'une déviation doit présenter le plus petit développement possible, réduire au minimum les mouvements de terre et éviter les travaux difficiles.

Toutefois, il ne faudra admettre que des pentes et des rayons de courbure n'excédant pas les limites permettant l'exploitation, c'est-à-dire la pente de 1/40^e. ou 0,025 millimètres par mètre, et le rayon de 250 mètres pour les courbes. Dans un pays très accidenté, on peut

admettre exceptionnellement des rampes de 0,035, si elles sont courtes et placées en alignement, et des courbes de 150 mètres de rayon en palier; mais il faut éviter de placer aux mêmes points du chemin les fortes rampes et les courbes prononcées.

417. Exécution du tracé. — L'exécution du tracé comprend deux séries d'opérations :

1^o La reconnaissance et le tracé d'ensemble du chemin;

2^o Le tracé et le nivellement de détail.

La première opération consiste à faire un tracé provisoire sur une bonne carte du pays, et à la plus grande échelle que l'on puisse se procurer. On parcourt ensuite la contrée avec l'aide de la carte, et l'on vérifie en même temps le tracé par un lever de reconnaissance. Ce lever indique les modifications principales à faire subir au tracé; il fait connaître les points de passage obligés et donne, avec leurs cotes, une série de points situés sur l'axe

qui permettent d'établir un profil en long.

La deuxième opération consiste à diviser le tracé ainsi déterminé en un certain nombre de sections, de longueur variable, limitées par deux points de passage obligés, puis à effectuer pour chaque section, le tracé de détail comprenant toutes les opérations nécessaires pour arriver à la détermination de l'axe définitif du chemin.

A cet effet, on chemine le long de l'axe déterminé par le tracé d'ensemble; on relève à l'aide d'une boussole nivelante, en ayant soin d'opérer toutes les rectifications de la direction première que cette étude détaillée fait reconnaître nécessaires. On procède alors, sur le papier, à l'établissement du plan et du tracé définitif du profil en long, à la répartition des inclinaisons, à l'indication des changements de pente, des origines et de la fin des courbes, etc. On rapporte alors ces données sur le terrain, en jalonnant l'axe définitif du chemin.

On complète le projet du chemin en établissant un nombre de profils en travers suffisant pour permettre de se rendre un

compte exact des terrassements; on établit aussi les croquis d'exécution par les ouvrages d'art. En ce qui concerne les terrassements, on se contentera généralement de piloter les déblais sur les deux côtés du chemin et de procéder par emprunts latéraux pour les remblais; il n'y aura donc pas lieu de se préoccuper de l'équilibre des déblais et des remblais.

Les ouvrages d'art devront, autant que possible, être conçus de telle sorte qu'ils soient achevés en même temps que les terrassements voisins, afin qu'il n'en résulte aucun retard dans la mise en exploitation.

418. Exécution des travaux. — Dès que les tracés de détail sont terminés par une section, on commence les travaux et on les dirige de telle sorte que les portions de voie déjà exécutées puissent servir au transport des matériaux pour les portions de voie restant à faire. Ces travaux s'exécutent, du reste, comme il a été indiqué au chapitre VI, mais en cherchant constamment à simplifier les procédés employés dans chaque cas particulier, de manière à obtenir le plus de rapidité possible.

§ VIII. — CONCLUSIONS

419. Conclusions. — Le simple exposé contenu dans les chapitres IX et X permet de se rendre compte de l'importance des destructions et aussi du rétablissement des voies ferrées.

C'est la cavalerie qui est spécialement chargée, en raison de sa mission d'éclaireur, de procéder aux destructions rapides de voie ferrée; mais nous avons vu que ces sortes de destructions étaient facilement réparables et n'entravaient pas sérieusement la marche de l'ennemi.

Pour opérer des destructions susceptibles d'arrêter l'ennemi pendant un temps

assez long, nous avons vu également qu'il est indispensable de s'attaquer aux travaux d'art de la voie, de préparer ou de charger des dispositifs de mines, opérations qui ne peuvent être exécutées convenablement que par des ouvriers spéciaux tels que ceux des sections techniques des chemins de fer, les soldats des compagnies de chemins de fer du génie ou les sapeurs mineurs du génie.

Il en est de même des réparations de ligne ferrée en campagne, ainsi que des constructions nouvelles, telles que tronçons de ligne, voies déviées, etc.

Ces considérations font ressortir d'une manière évidente la nécessité d'avoir des troupes spéciales du chemin de fer, et surtout d'en avoir un nombre suffisant pour que l'on puisse en attacher un détachement sérieux à chaque armée, à chaque corps d'armée opérant isolément, de même qu'à chaque division de cavalerie indépendante, au début des opérations.

CHAPITRE XI

TRAINS BLINDÉS POUR LES RECONNAISSANCES MILITAIRES

420. Guerre de sécession. — L'idée d'employer des trains de chemins de fer comme engins de guerre servant aux reconnaissances revient aux Américains. Ceux-ci ont fait circuler, pendant la guerre de sécession, des espèces de blockhaus mobiles, que des locomotives entraînaient sur les voies ferrées aussi loin que possible dans le voisinage de l'ennemi, pour en reconnaître le nombre et les positions. Cette tentative ne donna pour ainsi dire aucun résultat pratique.

421. Siège de Paris. — Pendant le siège de Paris, les Français ont également blindé des locomotives, qui s'avançaient à une certaine distance, jusqu'à ce qu'elles soient arrêtées par le feu de l'artillerie allemande. Elles battaient alors en retraite. On se rappelle entre autres la locomotive blindée qui circulait, armée d'un canon, sur le viaduc du Point-du-Jour, et permettait d'observer ainsi, dans un rayon assez étendu, la vallée de la Seine.

422. Expédition anglaise en Égypte. — Mais les Anglais, dans leur expédition en Égypte contre Arabi-Pacha, ont fait un usage plus complet de cette idée en

organisant un train blindé, dont le service et le fonctionnement étaient dirigés par le major du génie Wallace, qui avait dressé une compagnie à ce genre d'exploitation.

Le train se composait d'abord d'un truc vide placé en avant, de manière à faire éclater les pétards qui auraient pu être placés sur la voie. Ce truc était suivi d'un wagon blindé avec des plaques d'acier à l'épreuve de la balle et portant des mitrailleuses Nordenfeld. Puis venaient trois wagons blindés au moyen de sacs à terre et chargés de matériel. La locomotive, également blindée, était placée au centre. Le train comprenait enfin un certain nombre de wagons à l'épreuve de la balle et portant des matelots ou des soldats armés de fusils à répétition, d'armes blanches et largement approvisionnés de munitions (*fig. 242*).

Ce train était suivi d'un autre, portant une troupe de réserve, chargée de consolider les travaux et d'assurer le succès des opérations de la première. Quelques vedettes à cheval accompagnaient les trains dans leur marche.

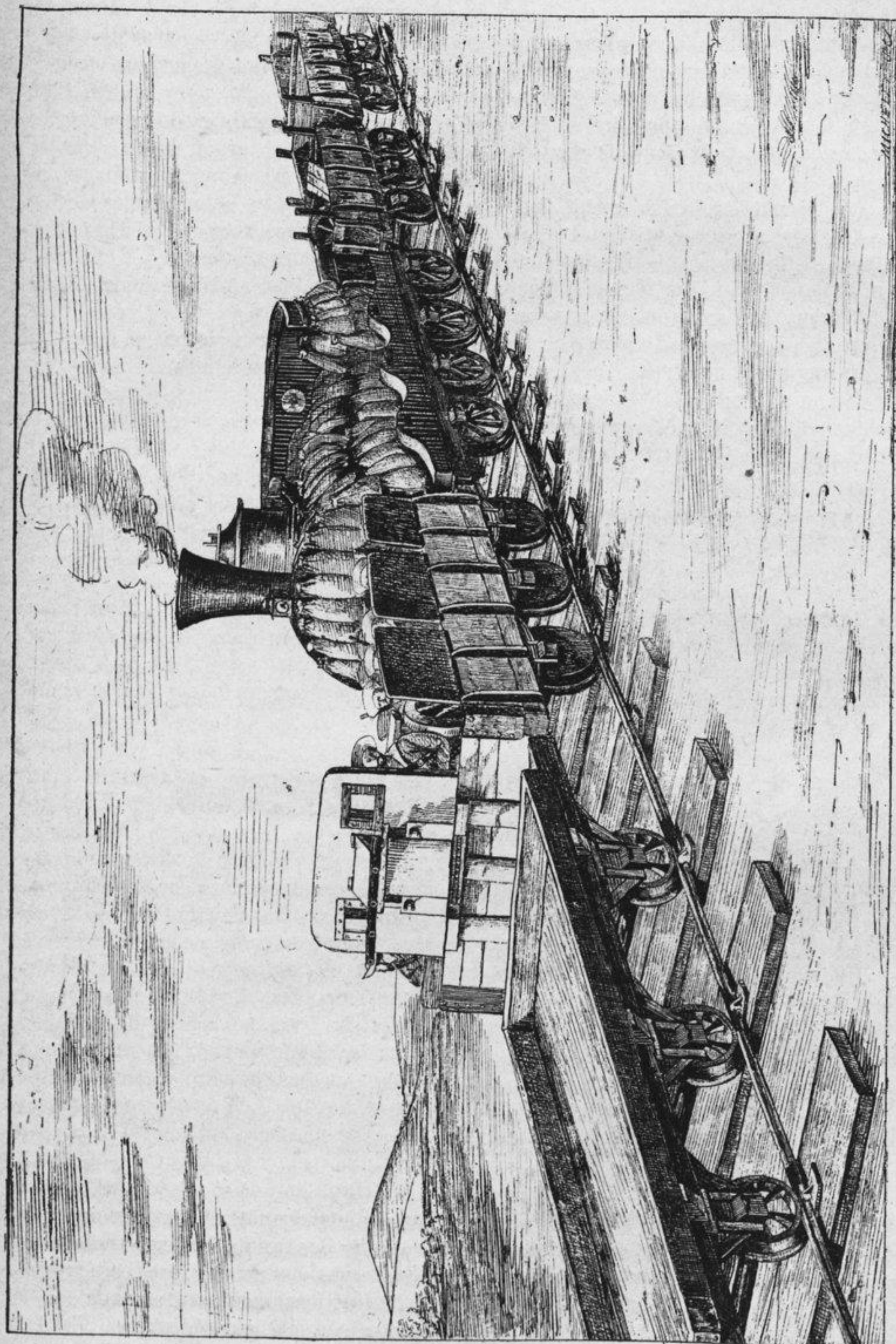


Fig. 242.

On employa une première fois les deux trains ainsi organisés pour chercher à s'établir dans l'intérieur ou à proximité des lignes d'Arabi-Pacha, près d'Alexandrie; on se proposait de prendre ensuite l'offensive, après avoir assuré la position ainsi occupée.

Mais le premier train fut arrêté dans sa marche par une locomotive qui avait déraillé la veille sur la voie, de sorte que le but de l'expédition fut manqué. L'ennemi aperçut les trains et fit avancer quelques troupes, que la cavalerie et les matelots anglais repoussèrent. Mais, après avoir reconnu l'impossibilité de rétablir la voie rapidement, les trains se retirèrent avec leurs hommes.

Les mesures étaient bien prises, et l'insuccès est dû à un accident imprévu. Il résulte pourtant de cette opération qu'il faut s'assurer que la voie est libre ou qu'il est facile de la dégager. Il y a même lieu

de comprendre, dans le train, des hommes spécialement chargés de ce travail et munis de tous les outils ou engins nécessaires dans ce but.

Cette première tentative ne découragea pas les Anglais, qui organisèrent une deuxième expédition, ayant simplement pour but de reconnaître la force et les positions de l'adversaire, tout en habituant en même temps leurs troupes au feu et en cherchant à intimider ainsi les troupes ennemies.

Le train employé dans ce but se composait d'une locomotive blindée au moyen de sacs à terre et de trois trucs contenant l'un un canon tirant des projectiles de 20 kilogrammes et les deux autres des canons tirant des projectiles de 4 kil. 500; il y avait en outre plusieurs mitrailleuses Gatling et Nordenfeld. Ce train était suivi d'un autre qui transportait un bataillon de huit cents marins. La reconnaissance

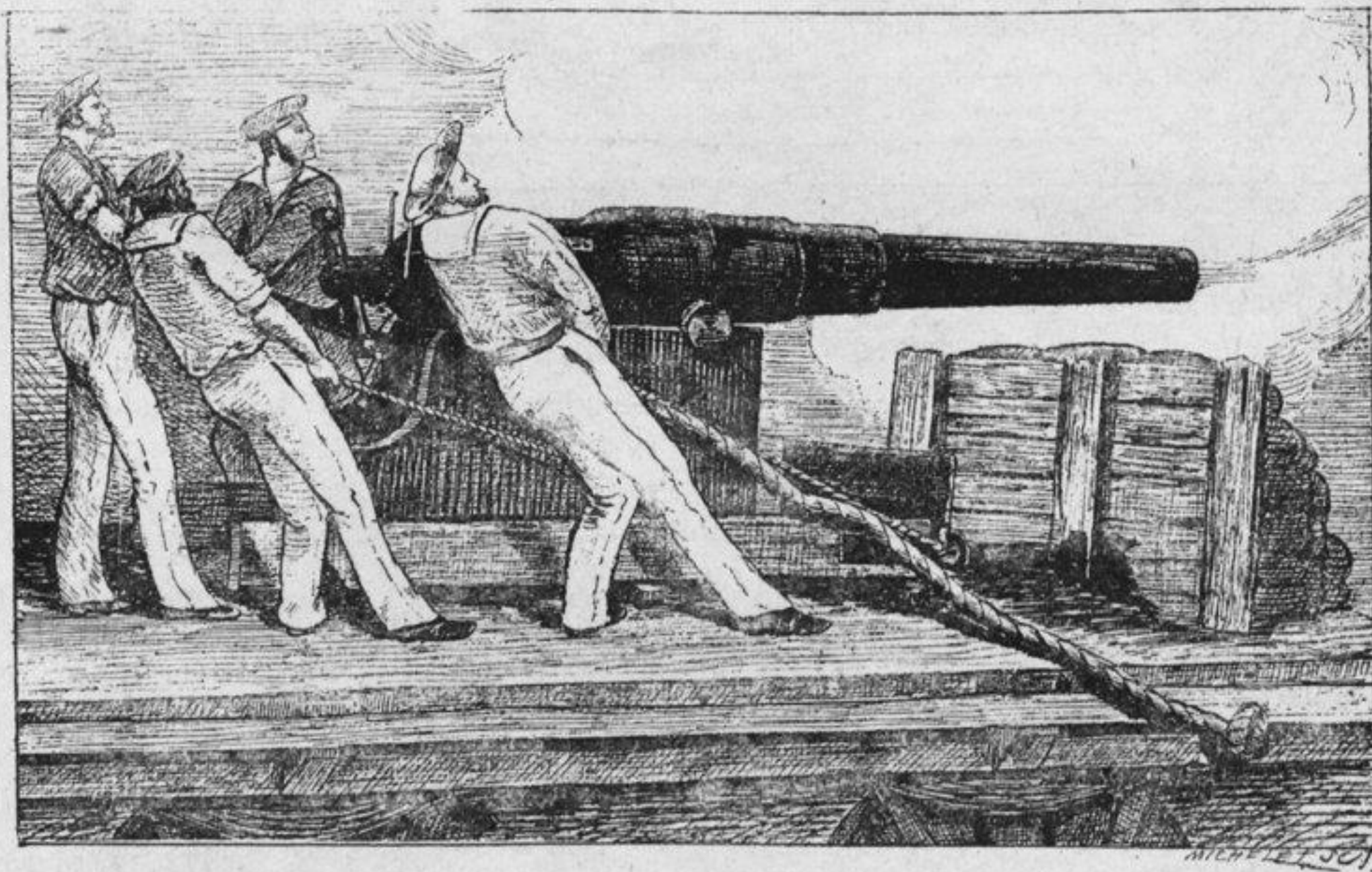


Fig. 243.

refoula les avant-postes et fut arrêtée par des troupes égyptiennes que des trains en nombre suffisant amenèrent rapidement au secours de leurs avant-postes. Elle put d'ailleurs atteindre son but

Les trains de reconnaissance ne devaient d'abord avoir que des mitrailleuses, mais on ne tarda pas à constater que ces bouches à feu étaient insuffisantes pour le but à obtenir et que leur valeur avait été

surfaite. On jugea donc plus pratique d'employer à cet usage des canons plus lourds, permettant de tirer des obus, et par suite de produire un effet plus grand à une plus grande distance (fig. 243 et 244). Des locomotives ordinaires furent blin-

dées au moyen de plaques de fer d'un centimètre d'épaisseur ; elles pouvaient entraîner deux wagons chacune. Au début les canons tiraient simplement par-dessus le wagon, sans être muni d'aucun appareil de rotation. On ajouta ensuite une

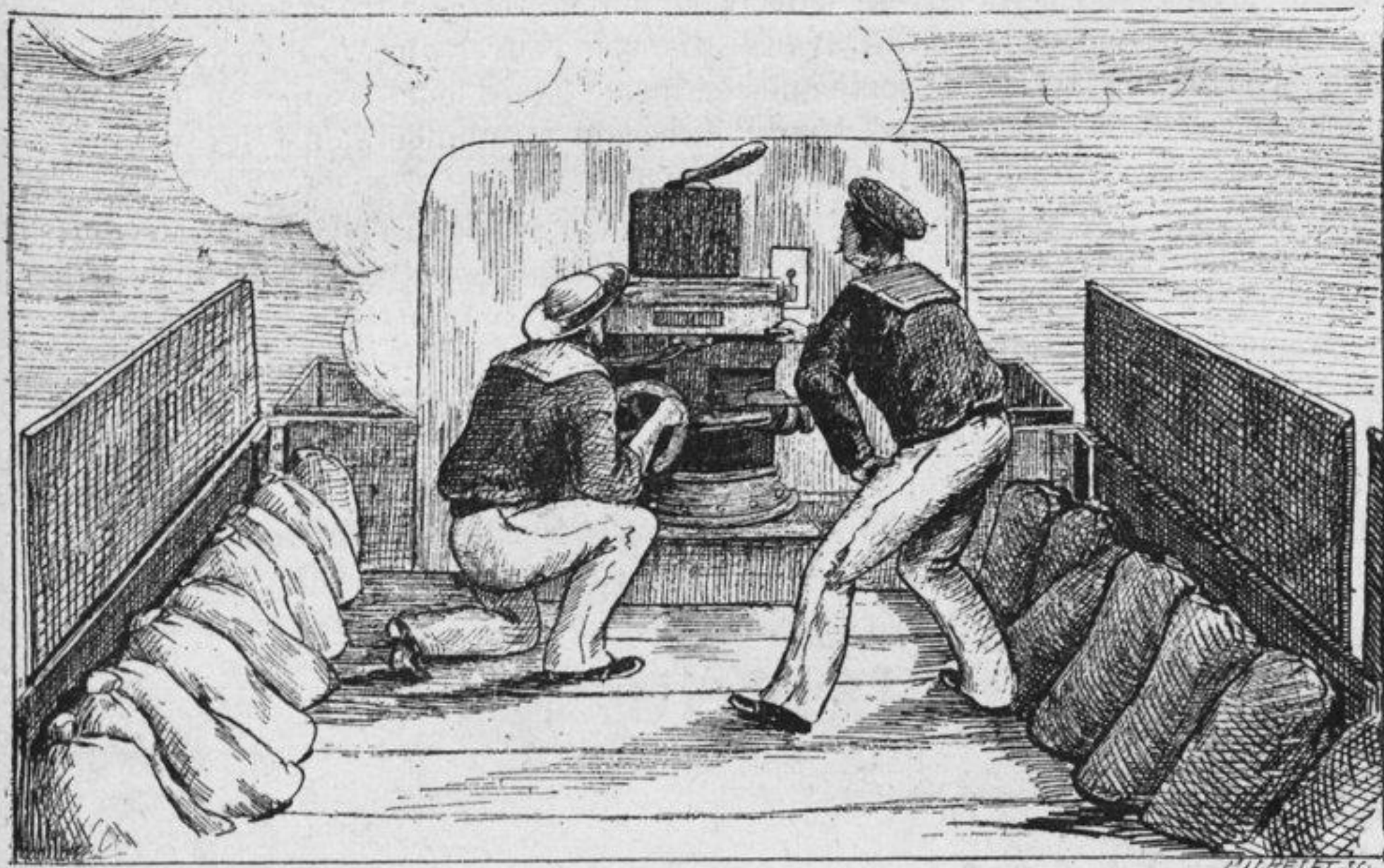


Fig. 244.

tourette portée sur des galets et tournant autour d'un pivot central, de sorte que la pièce faisait feu à travers une ouverture de la tourelle. Le blindage de fer des wagons avait environ 0^m,05 d'épaisseur et s'élevait à 1^m,36 au-dessus de la plateforme du canon ; la partie inférieure descendait jusqu'à 0^m,30 des rails.

423. Conditions d'emploi. — Ces appareils courent naturellement toujours de grands risques dans un combat, surtout lorsqu'ils sont exposés à l'action de l'artillerie à grande portée et à une puissante force de pénétration. L'objectif est donc d'amener les troupes aussi près que possible du point d'attaque en faisant courir le moins de risques à la locomotive, car les dommages causés à un wagon n'ont pas grande importance. Ainsi, pendant le siège de Paris, plusieurs wagons français

ont été atteints par des obus allemands sans qu'il en soit résulté grande avarie, mais aucune locomotive n'a été touchée. Ces wagons n'avaient pas de ressorts, mais les châssis, de 4^m,20 de long, reposaient sur 4 paires d'essieux du plus fort modèle.

La mobilité des trains blindés les défend contre l'artillerie et ils sont à l'abri de la mousqueterie, de sorte qu'ils peuvent rendre de réels services dans des cas donnés. Les Anglais y avaient ajouté une réserve de pétards, de générateurs électriques, de fils galvanisés, de leviers, de rails de rechange, etc., de manière à pouvoir à volonté établir ou supprimer une communication électrique, faire sauter des rails pour intercepter la voie, rétablir une voie coupée, faire sauter un pont, etc.

Bien que les conditions dans lesquelles

les Anglais ont employé des trains blindés en Égypte ne soient pas les mêmes qu'en Europe, il semble que l'on pourrait en tirer également parti dans bien des circonstances où l'on se trouve dans le voisinage de l'ennemi, au lieu de trains ordinaires. Ces trains, plus rapides et moins exposés que des cavaliers, pourraient se rendre compte si la voie est endommagée, si elle est facile à réparer, si l'ennemi l'occupe ou est dans les environs, etc.

Les hommes, qui se tiennent sur les trucs peuvent en descendre rapidement pour explorer les côtés de la voie, sûrs de retrouver toujours un abri suffisant pour tenir tête même à une solide attaque.

Par ce moyen, on pourra également faire circuler en tout temps des trains sur les voies ferrées qui relient les forts de nos camps retranchés, et, pendant un siège, exécuter des reconnaissances qui ressembleront à de petite sorties.

CHAPITRE XII

LES LOCOMOTIVES ROUTIÈRES

424. Conditions générales. — Les locomotives routières, que l'on devrait plutôt appeler *locomobiles routières*, sont des machines à vapeur ambulantes, destinées à circuler sur les routes où elles peuvent remplacer la traction par chevaux.

L'effectif des armées en campagne et, par conséquent, le nombre des chevaux qui leur sont indispensables devenant toujours plus élevé, on a dû songer surtout dans les pays qui, comme l'Italie, n'ont pas assez de chevaux, à remplacer par des moteurs à vapeur une certaine quantité de bêtes de somme employées aux transports des innombrables convois que les armées traînent à leur suite.

L'emploi des locomotives routières dans

les dernières guerres franco-allemande et russo-turque, les expériences faites à leur sujet en temps de paix dans les diverses armées, et surtout leur adoption en grand nombre par l'armée italienne, pour le service des armées d'opération, ont fait de ces machines un engin auxiliaire pour la traction qu'il convient d'examiner à la suite des voies ferrées.

Pour pouvoir mieux se rendre compte des conditions d'emploi, des avantages et des inconvénients de ces moteurs, nous allons d'abord donner la description des principales locomotives routières employées dans les armées, puis mentionner les conditions dans lesquelles elles ont été expérimentées ou employées.

§ I. — DIVERSES ESPÈCES EMPLOYÉES

125. *Principales locomotives routières employées.* — Les systèmes employés de préférence sont ceux de Cail, d'Aveling-Porter et de Fowler, auxquels il faut ajouter celui que vient de présenter tout récemment l'ingénieur Bollée.

1° Machines Cail (1).

426. Il y en a deux modèles en ser-

vice, lesquels ne diffèrent que par leurs dimensions. Elles ressemblent, en général, aux locomotives-tenders en usage dans les chemins de fer. La cheminée est à l'arrière, le foyer et la plate-forme à l'avant. Chacune se compose d'un châssis, d'une chaudière, des organes-moteurs, de l'avant-train, du frein, des accessoires et des roues motrices (*fig.* 245, 246 et 247).

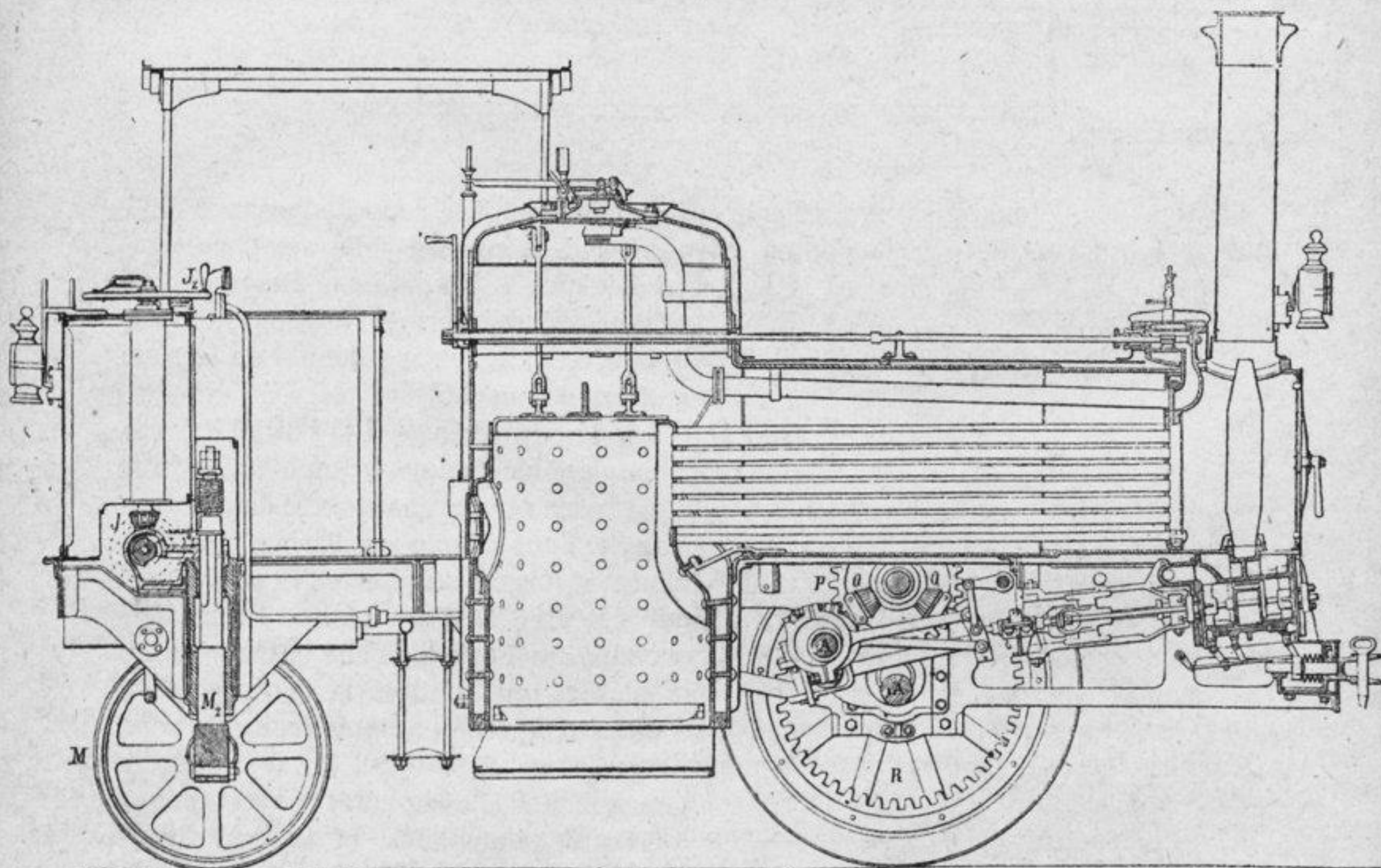


Fig. 245. — Locomotive système Cail. (Coupe longitudinale.)

Le CHASSIS supporte la chaudière et la plate-forme.

La CHAUDIÈRE est tubulaire avec tubes en fer ou en cuivre. Elle a un corps cylin-

drique horizontal, se terminant à l'avant par la *boîte à fumée*, surmontée de la cheminée, et un corps vertical à l'arrière renfermant la *boîte à feu*. La vapeur arrive dans les deux cylindres par deux conduits extérieurs; elle en sort par un conduit débouchant dans la cheminée.

Les ORGANES MOTEURS sont deux cylin-

(1) D'après le chap. XII de l'*Aide-mémoire à l'usage des officiers d'artillerie*.

dres, un arbre moteur coudé, quatre excentriques avec changement de marche Ste-

phenson, commandé par un levier de changement de marche sur le côté du foyer.

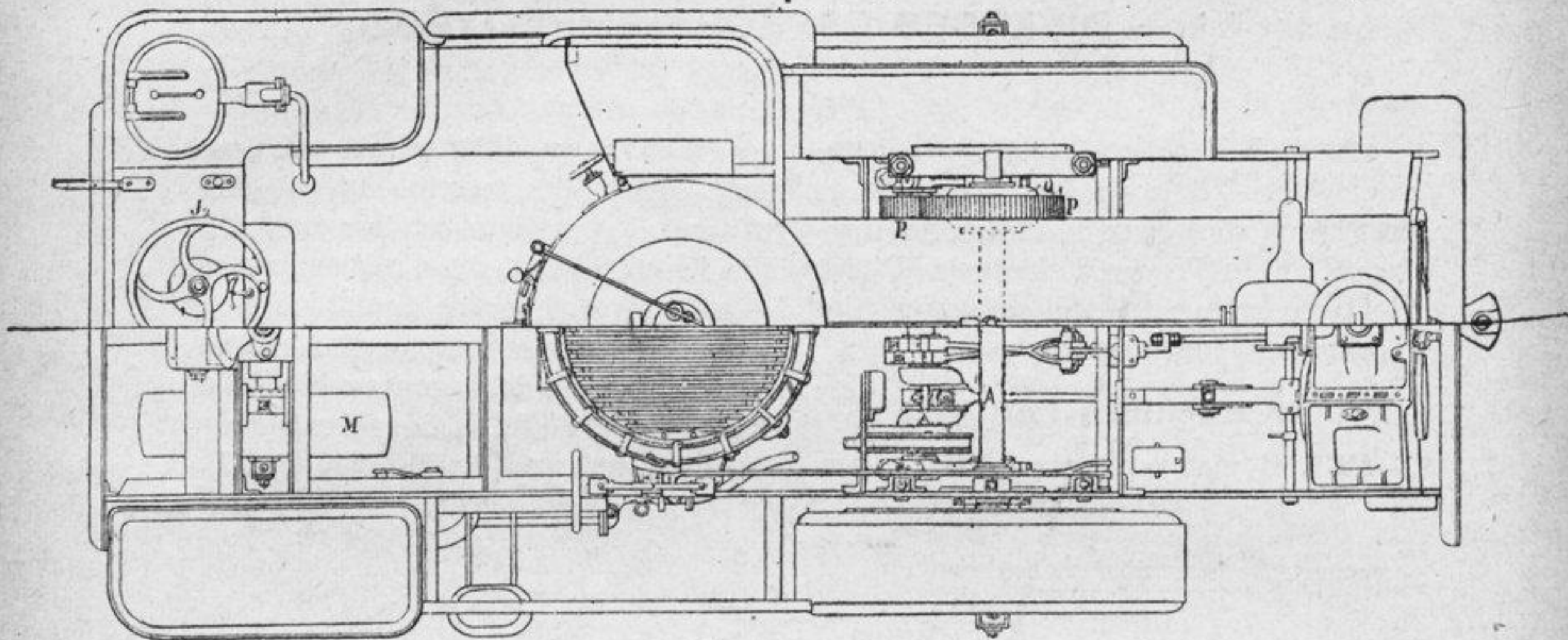


Fig. 246. — Plan.

Les tiges des pistons agissent sur l'arbre moteur A, qui transmet par son pignon P^1

le mouvement à la roue d'engrenage différentiel P, montée et folle sur l'arbre intermédiaire A. Un pignon à chaque extrémité de l'arbre intermédiaire engrène avec la couronne intérieure dentée de la roue motrice de son côté.

La roue d'engrenage différentiel P porte trois pignons d'angle Q^1 montés suivant des rayons et engrenant avec deux roues d'angle, l'une Q folle sur l'arbre intermédiaire et faisant corps avec le pignon P^1 , qui entraîne la roue droite, l'autre Q^2 , clavetée sur l'arbre qu'elle entraîne avec le pignon qui conduit la roue gauche.

Dans la marche en ligne droite, la roue d'engrenage différentiel P transmet le mouvement des deux côtés par ses pignons qui restent immobiles, et les roues motrices de la locomotive tournent avec la même vitesse. Dans une courbe, la résistance sur les deux roues motrices n'étant pas la même, les trois pignons Q tournent sur eux-mêmes et permettent aux roues motrices de prendre la différence de vitesse nécessaire.

L'AVANT-TRAIN comprend deux roues folles M, montées sur un essieu qui peut osciller dans le sens vertical pour obéir

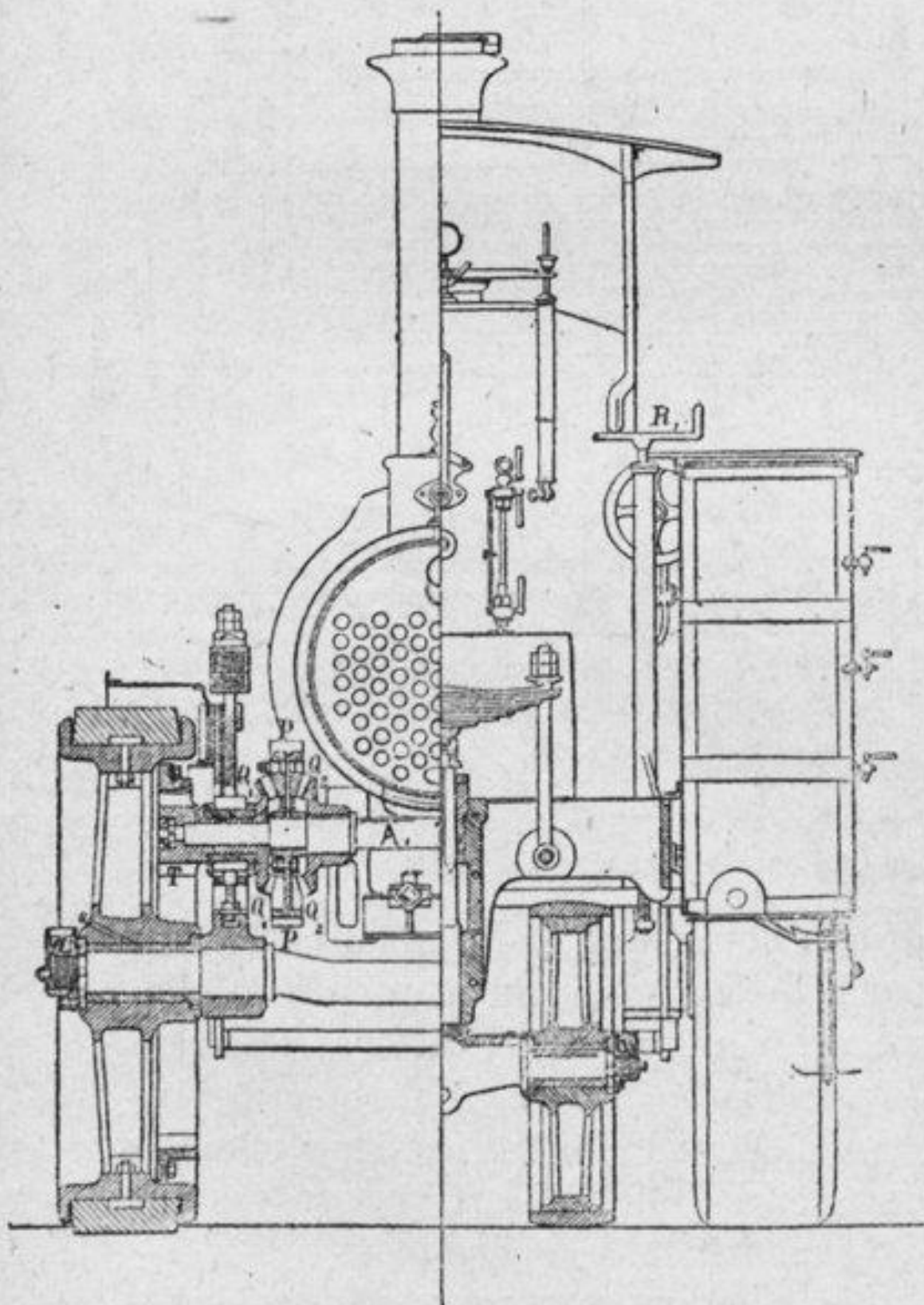


Fig. 247. — Coupe transversale (Cail).

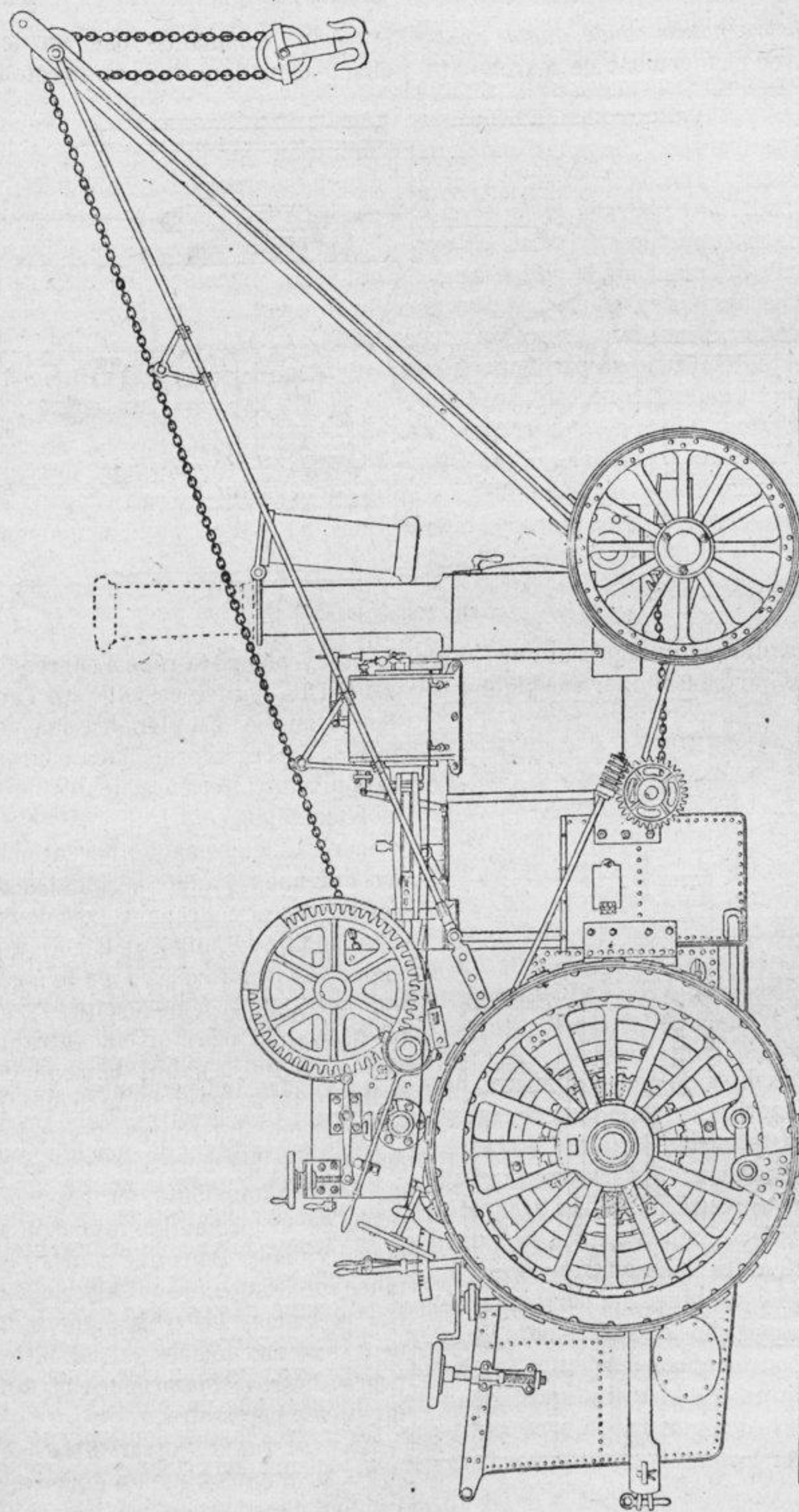


Fig. 248. — Locomobile Aveling et Porter, avec treuil et grue (Élévation longitudinale).

aux inégalités de la route, et une *cheville ouvrière* assemblée avec l'essieu et pouvant recevoir un mouvement de rotation au moyen d'un *secteur denté* engrenant avec une vis sans fin, commandée par un engrenage d'angle J, conduit lui-même par un *volant à main J²*, installé sur la caisse à eau.

Les ACCESSOIRES sont : 1° une *caisse à eau*, placée à l'avant sur la plate-forme et pouvant se remplir en quinze minutes par un *éjecteur aspirant* dans lequel on fait le vide par un jet de vapeur ; 2° deux *caisses à charbon*, une de chaque côté du dôme ; 3° un *injecteur Giffard* ; 4° une *tige d'attelage* à l'arrière ; 5° un *anneau d'attelage* à l'avant. Les *roues motrices* folles sur l'essieu, sont en fonte avec *couronne dentée*

intérieure en fonte d'acier, comme la plupart des engrenages de la machine. Elles reçoivent une garniture composée de morceaux de bois dur debout et de plaques de tôle de 10 millimètres d'épaisseur, le tout maintenu par des coins en fer enfoncés dans les morceaux de bois. Cette garniture résiste à trois mois de service journalier.

Les pièces à remplacer le plus souvent ont été, à Vincennes, les ressorts, la grille du foyer et les garnitures des roues.

2° Locomotive Aveling-Porter

(fig. 248, 249 et 250).

427. Il y a en service des locomotives de ce genre dites de six chevaux et de huit chevaux. On a essayé récemment des lo-

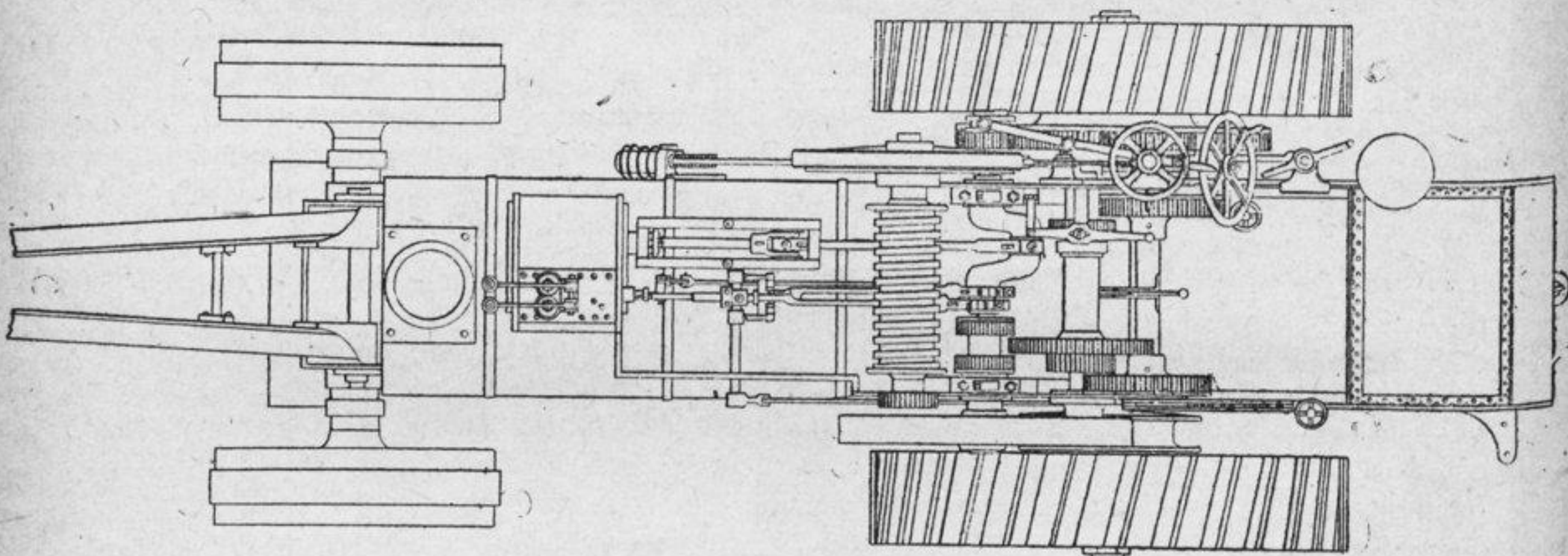


Fig. 249. — Plan.

comotives dites de douze chevaux, destinées au service du génie pour le transport des cuirassements. Certaines de ces locomotives sont pourvues de grues installées à l'avant et pouvant enlever 3,000 kilog. ; ces grues fonctionnent par la vapeur et le mécanicien les manœuvre de la plate-forme. Quelques-unes, en particulier celles du transport des cuirassements, portent un tambour calé sur l'essieu et sur lequel s'enroule un câble métallique. Pour se servir de ce tambour, on commence par arrêter la locomotive, caler les roues et

les rendre indépendantes de l'essieu en retirant les clavettes. Puis, on déroule le câble en mettant la machine en mouvement comme pour la marche en avant, et lorsque le câble est accroché au fardeau, on change le sens de la marche pour l'enrouler.

Comme *dispositions générales*, ces machines ont un *générateur à vapeur* tubulaire avec tube en fer, une *cheminée* à l'avant et pas de *châssis*. Les parois du foyer, très fortes, soutiennent, à la partie supérieure deux arbres d'engrenages et se

prolongent à l'arrière pour supporter la caisse à eau et la plate-forme. Il n'y a qu'un seul cylindre au-dessus de la ma-

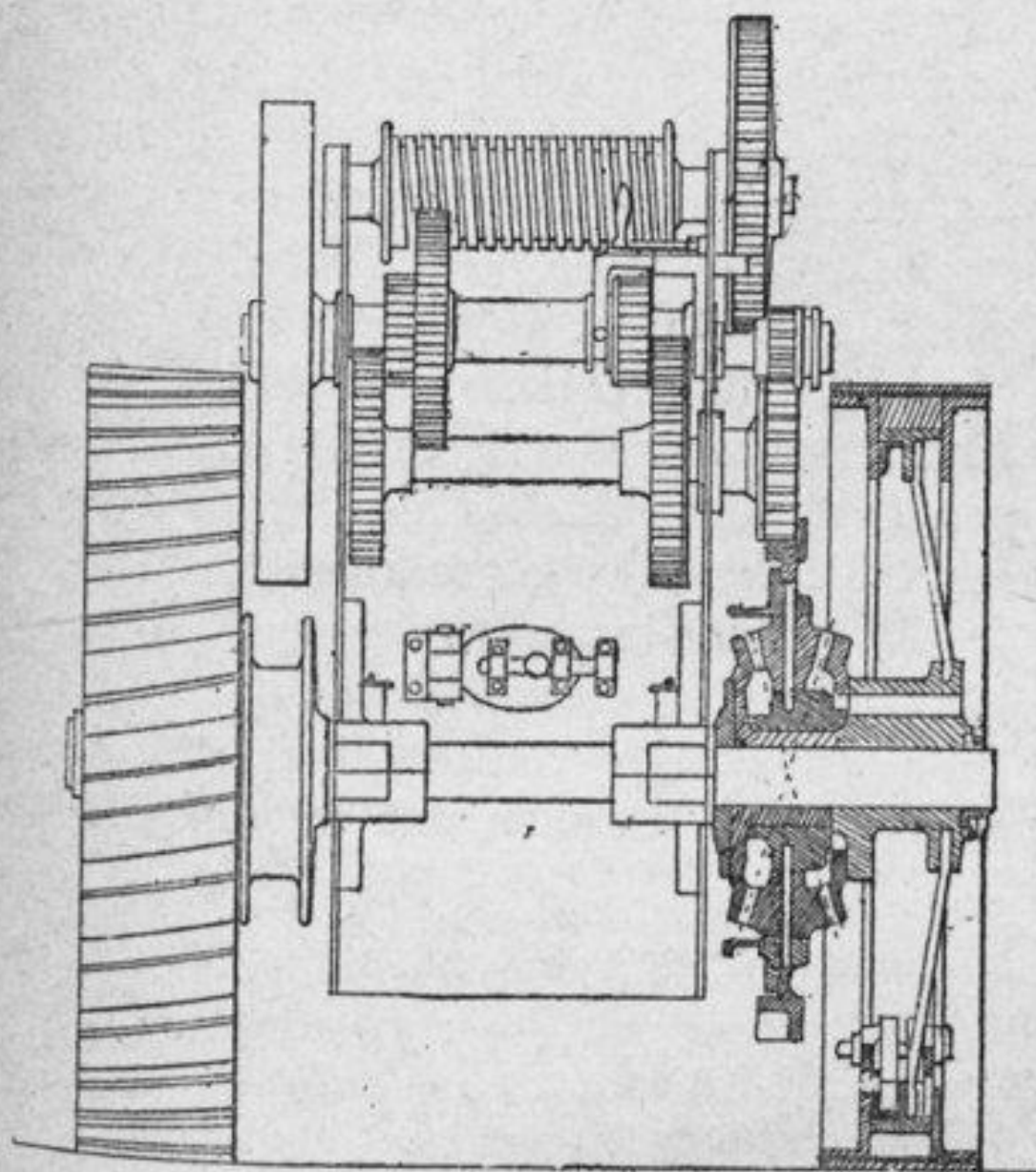


Fig 250. — Coupe transversale (Aveling et Porter).

chine et l'admission de la vapeur est réglée par une soupape. Le tiroir est sur la gauche du cylindre ; il est commandé par le levier de la coulisse Stephenson. Il y a en outre deux soupapes de sûreté et un régulateur à force centrifuge (ce dernier pour le cas où la machine est employée comme locomobile).

428. Transmission du mouvement. — La tige du piston agit par une bielle sur l'arbre moteur qui porte un volant et trois excentriques : deux pour le tiroir et un pour la pompe alimentaire. Le mouvement est transmis aux roues motrices par l'intermédiaire d'une roue de transmission engrenant avec une roue de commande montée sur l'essieu près de la roue droite. Un *embrayage* à deux vitesses permet de désengrener pour employer la machine comme locomobile ou changer de vitesse. La roue motrice de gauche est habituellement calée sur l'essieu ; la roue motrice de droite, habituellement folle, porte,

boulonnée sur son moyeu, une roue d'angle.

Le *mouvement différentiel* consiste en deux pignons d'angle engrenant à gauche avec une roue d'angle calée sur l'essieu qu'elle entraîne avec la roue gauche, à droite, avec la roue d'angle boulonnée sur le moyeu de la roue droite.

Le jeu du mouvement différentiel est analogue à celui de la locomotive Cail. Pour la marche en ligne droite sur un terrain inégal ou sur les rampes, on supprime l'effet de l'engrenage différentiel en calant la roue droite sur l'essieu. Les locomotives de 12 tonnes employées au transport des cuirassements, n'ont pas de mouvement différentiel.

L'essieu de l'avant-train est manœuvré par deux chaînes attachées d'une part aux extrémités de l'essieu, enroulées d'autre part sur un treuil placé sous la chaudière. Ce treuil est mû par une vis sans fin, commandée par un volant ; lorsque l'une des chaînes s'enroule, l'autre se déroule, de manière à faire pivoter l'essieu de devant autour de sa cheville ouvrière.

Les *roues motrices* ont leur moyeu en fonte avec des rais et des jantes en fer.

Celles-ci sont entourées d'une couronne extérieure en fer, sur laquelle sont disposées des lames obliques en acier faisant saillie. La jante et la couronne extérieure sont séparées par des prismes en caoutchouc et reliées entre elles par une bielle.

Les *accessoires* sont les suivants : tubes de niveau d'eau, manomètre, sifflet, tube de décharge, tender muni d'un éjecteur aspirant (comme dans les machines Cail) et caisse à eau.

Un *frein* est monté sur l'essieu à gauche.

Pour circuler sur les routes empierrées, les roues de derrière, sont munies de bandages en caoutchouc ; pour leur emploi sur rails, des roues sont disposées avec boudins en conséquence.

3^e Machines Fowler.

429. Les locomotives routières du système Fowler ne diffèrent que fort peu dans leur disposition générale de celles d'Aveling-Porter ; c'est pourquoi nous nous dispenserons d'en donner la description et nous nous bornerons à parler de leur emploi lorsqu'il y aura lieu. Elles ont une force nominale de traction de huit chevaux et une grue pouvant enlever environ cinq tonnes.

4^e Locomotives Bollée.

430. On doit à l'ingénieur Bollée, du

Mans, un système de locomotives routières disposé de manière à pouvoir servir de calèche dans une de ses parties. Une de ces machines fut présentée à l'Exposition universelle de Paris en 1878, et le succès qu'elle y obtint engagea les inventeurs à chercher un véhicule pouvant circuler sur les routes, surtout pour relier avec les voies ferrées les localités qui en sont encore déshéritées, comme aussi pour servir aux divers usages agricoles ou dans les usines et fonderies. Les essais faits avec des véhicules de ce genre ont attiré l'attention du gouvernement français, qui a fait faire des expériences à ce sujet.

La locomotive routière que MM. A. Bollée et Le Cordier ont fait expéri-

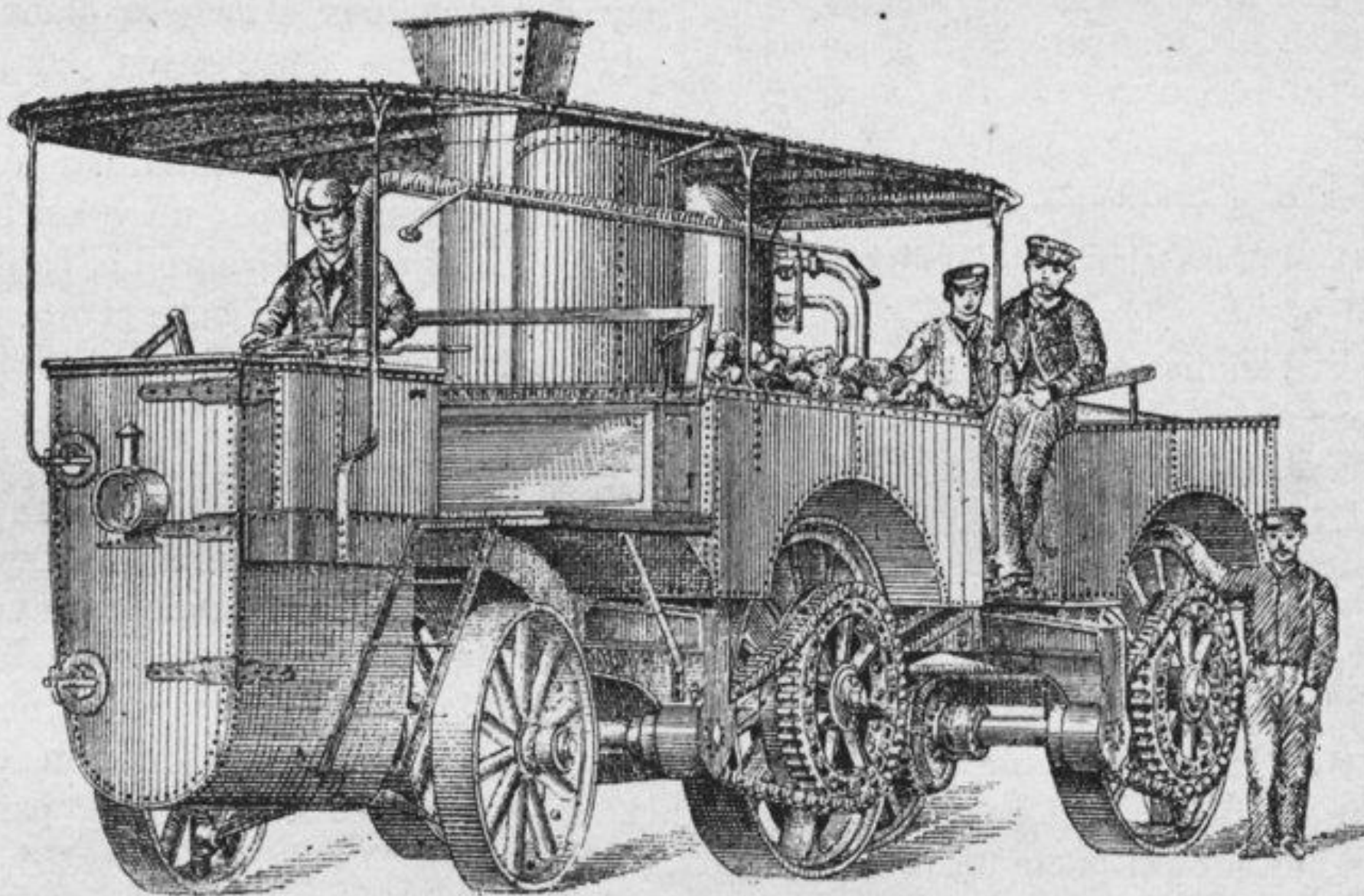


Fig. 251. — Locomotive Bollée.

menter au mois d'octobre 1879 consiste en une voiture à quatre roues représentée dans les figures 251 et 252, qui en font voir les dispositions générales.

Ce qui distingue ce véhicule, c'est un tender relié à la voiture à vapeur de manière à ne pas s'en séparer, mais dont les roues cependant sont mues directement par la machine à vapeur, comme les roues de derrière de la voiture à vapeur ; ce sont par suite des roues motrices. Il en

résulte que la charge pesant sur l'essieu du tender sert à augmenter l'adhérence des roues au sol et par suite la force de traction de toute la locomotive routière. Les inventeurs nomment ce tender *chariot-moteur*.

Le véhicule a donc six roues, dont les deux de devant sont folles, et les quatre autres sont motrices. La chaudière tubulaire est une chaudière verticale du système Field. La machine à vapeur se com-

pose de deux cylindres disposés verticalement à l'avant et protégés contre les intempéries et la poussière par un bâtis en tôle en forme de caisse. Les tiges motrices actionnent un arbre longitudinal coudé, qui transmet au moyen de pignons le

jantes de 0^m,30 de large, lisses à la surface. Le mouvement des deux roues motrices du tender est obtenu par les mêmes organes de transmission que pour celles de la locomotive : arbre transversal, mécanisme différentiel, chaînes, etc. Le mou-

vement initial de rotation du pignon est transmis à l'arbre transversal, au moyen de l'arbre de transmission prolongé jusqu'au-dessus du châssis du tender, qui est solidement fixé à ce châssis.

Mais comme il est nécessaire que le tender puisse conserver une certaine indépendance par rapport à la locomotive, on intercale, au point où l'arbre de transmission ar-

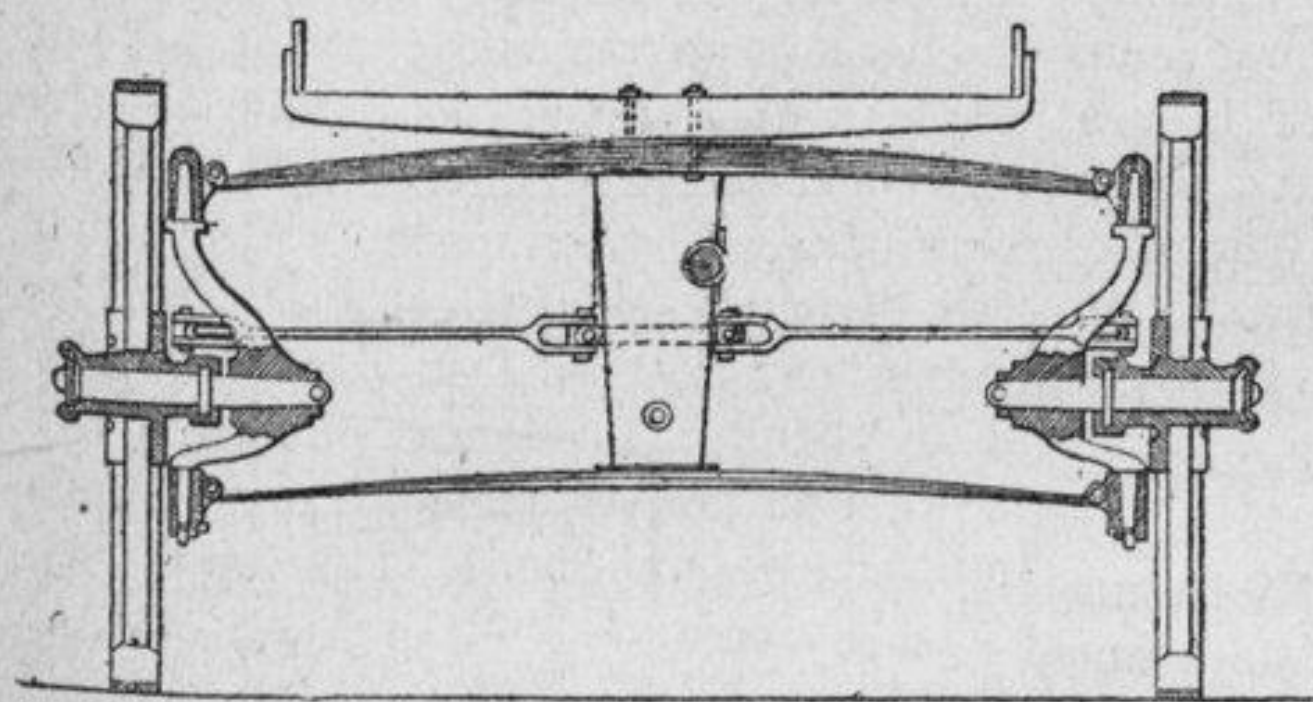


Fig. 252.

rive au tender, ce qu'on appelle une articulation à la Cardan, qui permet de reporter le mouvement sans saccades de la locomotive au tender. De cette manière, la transmission de la force demeure toujours à peu près la même, non seulement dans les courbes, mais encore aux points où la pente des routes n'est pas la même pour les deux véhicules. Cet embrayage se compose des deux extrémités de l'arbre de transmission et d'une partie centrale reliée aux deux autres par des axes de rotation. La barre d'attelage (tringle de conjugaison) servant à la réunion des deux véhicules est placée au-dessous de l'arbre de transmission.

Les voitures formant le train sont accrochées au tender ou les unes aux autres au moyen d'un crochet et d'une petite chaîne terminée par un fort ressort à boudin. Cette disposition a pour but de diminuer l'influence des chocs provenant des à-coups, et par suite de protéger le matériel.

Chaque paire de roues motrices presse sur le sol d'un poids maximum de 8,000 kilogrammes, et les roues de devant exercent par le poids chargé sur leur essieu une pression de 3,000 kilogrammes environ.

L'arbre de transmission reporte par un pignon son mouvement à un arbre placé transversalement sous le châssis, lequel actionne la roue motrice de droite au moyen de chaînes de Gall. Le report du mouvement à la roue motrice de gauche s'obtient grâce à un mouvement différentiel.

Les roues, de 1^m,60 de diamètre, ont des

La docilité de la machine est très grande aussi bien comme vitesse que comme direction, et le conducteur, placé à l'avant, est toujours maître du mouvement de son convoi, lors même qu'il est lancé à grande vitesse et rencontre inopinément un obstacle. Ce conducteur, qui se tient à l'avant de la locomotive peut se rendre facilement compte de ce qui se passe sur le chemin qu'il a à parcourir, ce qui n'est pas le cas de la plupart des autres locomotives routières. Cette propriété, jointe à la grande facilité de conversion de la machine, permet au besoin d'utiliser la plus grande vitesse possible. Celle-ci peut facilement arriver à 8 ou 10 kil. à l'heure, et, dans des cas urgents, sur de bonnes routes, jusqu'à 15 et même 20 kilomètres.

Dans des conditions normales, avec un train de 10,000 kilogrammes on a consommé par kilomètre 10 à 20 kilogrammes de charbon et 50 à 100 litres d'eau. La routière peut transporter d'ailleurs un approvisionnement de 1,600 kilogrammes de charbon (soit pour 100 kilom.) et 2,000 litres d'eau (soit pour 30 kilom.) en laissant encore sur le tender de la place disponible pour 3,000 kilogrammes.

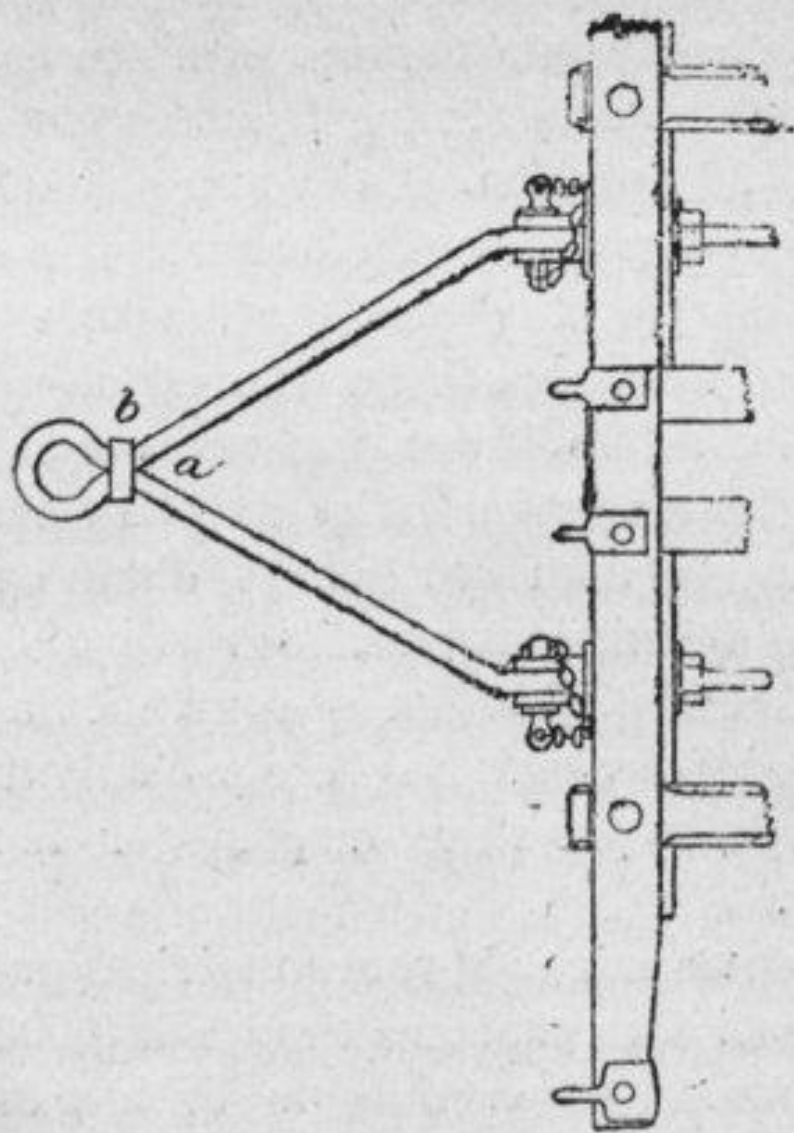


Fig. 253.

La force normale de la machine est de 40 chevaux, mais en augmentant légère-

ment la tension de la vapeur en remplissant presque complètement le cylindre, on peut arriver à obtenir une force de 60 et même de 80 chevaux, qui permet alors de franchir des rampes de 10 à 12 ‰.

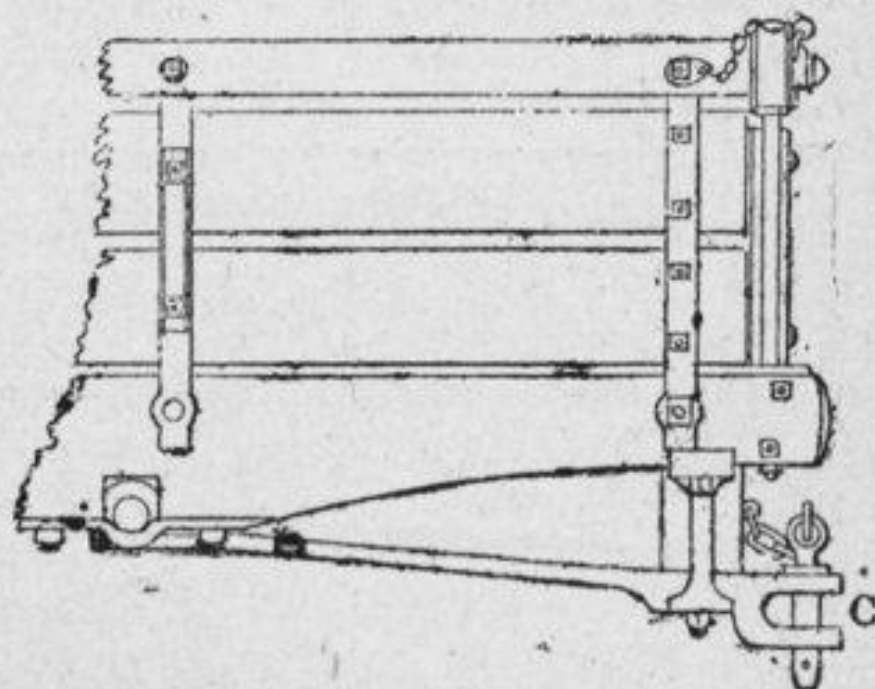


Fig. 254.

Diverses expériences faites en 1879, par ordre du ministre de la guerre, ont donné les résultats les plus satisfaisants sous tous les rapports dans des conditions les plus variées et les plus difficiles.

L'expérience la plus intéressante consista dans un trajet d'environ 800 kilomètres (du Mans à Ax-sur-Ariège) parcouru en soixante-quatorze heures, soit une vitesse moyenne de 10 kilomètres à l'heure, sur des routes de toute espèce, sans accident ni dommage. La consommation ne dépassa pas 10 kilogrammes de houille par kilomètre.

431. Appropriation du chariot de parc et du chariot porte-corps à la traction par routière. — Cette appropriation consiste à munir l'avant-train et l'arrière-train de chacune de ces voitures d'un dispositif permettant de former un train pouvant aller jusqu'à six voitures. Ce dispositif est conçu de manière que chaque avant-train puisse aussi être attelé par le mode ordinaire, sans autre changement que l'application du timon, ôté provisoirement.

Les parties essentielles de ce dispositif consistent (fig. 253 et 254) en un triangle articulé *a*, avec sa frette d'étranglement *o*, fixé à l'avant-train; la frette vient s'engager dans une chape *c*, fixée à l'arrière-train.

§ II. — COUP D'ŒIL HISTORIQUE

432. C'est le Français Joseph Cugnot, qui eut le premier l'idée d'employer la vapeur à haute pression pour la locomotive terrestre. Il soumit, en 1769, à l'examen du ministre de la guerre, Gribeauval, un modèle de voiture qui ne donna pas de résultats satisfaisants dans les expériences.

La voiture de Cugnot reposait sur trois roues, et était mise en mouvement par une machine à vapeur à simple effet. La force motrice s'appliquait à la roue de devant. La vapeur à haute pression poussant le piston dans chacun des deux cylindres, communiquait leur mouvement alternatif, à l'aide de rochets et de cliquets à l'essieu de la roue de devant ou roue motrice.

La voiture pouvait tourner aussi facilement que les voitures ordinaires.

Le plus grand défaut de cette machine consistait en ce que le renouvellement de l'eau destinée à produire la vapeur n'était pas assuré, de sorte que tout mouvement se trouvait arrêté au bout d'un quart d'heure et ne pouvait recommencer que lorsque, après avoir rempli la chaudière, la vapeur avait acquis une tension suffisante.

Cugnot modifia et perfectionna sa machine, mais sans parvenir à la rendre pratique.

A partir de ces premiers essais, de nombreux inventeurs tentèrent de faire mouvoir des voitures à vapeur sur les routes ordinaires. Nous citerons entre autres, Olivier Evans, l'inventeur de la machine à haute pression, qui, vers 1800, eut la satisfaction de voir marcher sa voiture à vapeur dans les rues de Philadelphie.

En 1801, les deux Anglais Trewithick et Vivian arrivèrent à construire une voi-

ture mise en mouvement par la vapeur à haute pression, et ayant à peu près la forme de nos diligences. Malgré des dispositions très ingénieuses, cette voiture n'était pas assez solide pour résister aux cahots et sa marche n'était pas suffisamment réglée.

Jusqu'en 1830, on s'efforça de perfectionner ces scabreux et difficiles engins. On y était parvenu dans une certaine mesure, puisque des services publics furent établis pour le transport des voyageurs par des voitures à vapeur, tant en Angleterre qu'en Belgique.

433. La découverte des locomotives, en 1830, vint couper court aux études sur les voitures à vapeur, à l'emploi desquelles on renonça sur les grandes routes pour faire usage des voies ferrées.

Mais la vulgarisation des locomobiles a fait remettre la question à l'étude depuis quelques années. Divers constructeurs, parmi lesquels ceux dont nous avons décrit les systèmes, ont construit des voitures à vapeur, qui, soumises à différents essais, au point de vue militaire, ont donné des résultats satisfaisants.

Il ne faut pas perdre de vue d'ailleurs que l'armée seule a réellement intérêt à employer des locomotives routières dans certains cas que nous allons essayer de déterminer à l'aide des expériences faites dans les diverses puissances.

En effet, dans la pratique du commerce et de l'industrie, il y a toujours intérêt à faire usage du rail, puisque, avec la même force, on peut remorquer un poids douze fois plus grand que sur une route ordinaire. Or, comme le temps ne fait pas défaut pour la construction, on ne manque jamais d'établir une voie ferrée, au besoin une voie étroite ou une voie du système

Decauville, si l'importance de l'exploitation ne justifie pas une voie normale.

Il n'en est pas de même en ce qui concerne l'armée.

Les voies ferrées ne peuvent suivre pas à pas tous les mouvements de l'armée ; on est donc obligé d'avoir recours aux convois ordinaires, dans une proportion d'autant plus grande que la dernière station de chemin de fer est plus éloignée. Ces convois s'élèvent en moyenne à plus de 3.000 voitures par corps d'armée ; on voit par là quel intérêt immense il y aurait à pouvoir utiliser des moteurs à vapeur pour les traîner, aux lieux et places des animaux.

Angleterre

434. Dès 1868, le ministère de la guerre anglais se préoccupa de ce mode de transport et il nomma une commission chargée de faire des expériences sur le parti qu'on pourrait en tirer pour l'armée. Cette commission constata que les locomotives routières conviennent parfaitement pour l'armement et les travaux d'installation des forteresses, des forts et des batteries, mais surtout dans les grands établissements militaires. Depuis 1872, toutes les places de guerre, ports militaires et arsenaux anglais sont pourvus de locomotives routières du système Aveling, légèrement modifié. En 1873 et 1874, soixante de ces machines, appropriées convenablement aux conditions locales, furent expédiées aux Indes.

Les Anglais emploient également les machines Fowler.

A la grande revue passée le 27 juillet 1877, à Chatam, par le duc de Cambridge, des routières, remorquant le parc de siège, figurèrent dans le défilé qui termina la revue ; chaque machine de 8 chevaux-vapeur trainait trois canons de 32 livres avec affûts ; une machine de 6 chevaux-vapeur, trainait un canon de 12 livres et deux canons de 32 ; d'autres

remorquaient des voitures chargées de projectiles et de matériel, etc.

Il est intéressant également de citer le transport d'une cloche du poids de 17 tonnes, destinée à l'église Saint-Paul à Londres, de Longborough (Leicester) à Londres. Cette cloche, chargée sur une voiture massive fut conduite par une seule locomotive routière pendant un trajet de 210 kilomètres. On ne voit guère comment il aurait été possible de transporter une pareille masse uniquement avec des chevaux.

Allemagne

435. Au commencement de l'année 1870, l'Allemagne avait fait venir d'Angleterre huit locomotives Fowler pour servir à l'agriculture, mais lorsque la guerre éclata, le ministère de la guerre s'en empara et les envoya en France, après avoir au préalable supprimé les poulies de transmission du mouvement. Ces machines trouvèrent un large emploi devant Paris, où elles servirent à transporter des stations aux parcs et cantonnements le matériel d'artillerie et les vivres nécessaires aux troupes de siège.

On exécuta en 1880 une marche d'épreuve avec une locomotive du système Bollée. La machine trainait cinq canons frettés de 15 cent., montés sur des porte-corps, et les affûts de ces bouches à feu complètement équipés.

L'expérience réussit très bien et fit bonne impression. Il n'y eut à signaler qu'une rupture au tuyau d'alimentation. La charge trainée était de 8,000 kilogr. ; le trajet, y compris une halte, dura trois heures et demie. La machine à elle seule pesait 5,750 kilogr. et peut en traîner 30,000 avec une dépense d'environ 2 fr. 50 par heure. La vitesse était égale à celle du fantassin en marche, mais il est possible d'en obtenir une plus grande.

Autriche

436. Le ministère de la guerre autri-

chien, après avoir suivi avec attention les essais faits dans les autres pays, se décida à acheter une locomotive du système Aveling et Porter et la soumit à une série d'expériences, desquelles il résulte que les locomotives routières peuvent rendre les plus grands services surtout pour l'artillerie.

Ces expériences permirent de constater les résultats suivants :

1° Cette machine peut facilement transporter un poids de 20,000 kilogr. sur de bonnes routes, en plaine ; elle franchit sans peine les pentes ordinaires des routes, et peut être employée comme locomobile dans tous les cas où un terrain détrempé ou d'autres conditions du terrain s'opposeraient à la traction directe.

2° La locomotive est très mobile et facile à diriger ; elle peut tourner dans un diamètre de 10 mètres avec un train de trois voitures. Le mode d'attache (triangle articulé) des voitures à la machine est simple et pratique après avoir enlevé le timon. La largeur de la voie des roues de la locomotive n'exerce aucune influence sensible sur la marche du train.

3° La locomotive peut être utilisée comme grue fixe ou mobile pour soulever des charges pesant jusqu'à 4,000 kilogr. et les conduire à une petite distance.

4° En changeant les roues, ces machines peuvent servir de locomotives sur les voies ferrées et leur vitesse est alors de beaucoup supérieure à celle obtenue sur les routes, sans compter que dans ce cas, la charge à traîner peut aller jusqu'à 60,000 kilogr.

5° En utilisant l'arbre moteur par l'adaptation d'une poulie motrice et d'une courroie de transmission, la locomotive peut être employée comme locomobile.

6° La routière est solide dans toutes ses parties et faite de matériaux de bonne qualité ; elle peut sans inconvénient être conduite par un seul mécanicien ; ce n'est que dans le cas de longs trajets qu'il est nécessaire d'ajouter un deuxième homme

comme chauffeur. Il faut environ 300 kilogr. de charbon pour une consommation de dix heures et le charbon est à préférer au coke à cause de son plus petit volume.

7° Les propriétés des locomotives routières permettent d'en tirer un bon parti dans les arsenaux où il y a de nombreux charrois ou manipulations, dans les travaux des places fortes et pour traîner des fardeaux très pesants à de grandes distances sur de bonnes routes.

On peut compter sur une dépense journalière de 50 à 60 francs par journée de travail de dix heures, pour les différents frais de personnel, de combustible, d'entretien, de réparations et d'amortissement d'une de ces machines, de sorte qu'on ne peut l'employer avec économie que dans le cas où l'on peut lui faire produire un travail utile d'une valeur supérieure.

Espagne

437. Le ministère de la guerre espagnol a fait également expérimenter à la fin de 1881, à Cadix, une locomotive du système Aveling et Porter de la force de huit chevaux. Cette machine revenait, avec les frais de douane, au prix de 24,000 francs.

Pour les expériences, le train comprenait trois voitures du poids total avec leur charge de 35,000 kilogr. La machine le remorqua sans inconvénient sur des pentes allant jusqu'à 3/100. Pour les pentes plus raides, on fut obligé de monter chaque voiture séparément. Les conditions de vitesse, de consommation, de combustible, de conversion, furent sensiblement les mêmes que celles déjà indiquées.

Cette locomotive fut employée à l'armement de côte de la batterie Soledad, pour transporter à 1,400 mètres un canon Armstrong, pesant environ 35,000 kil. Il fallut 7 heures pour parcourir ce trajet où l'on eut à franchir des pentes de 15/100 et 11 courbes

de petit rayon. On dut au préalable consolider quelques ponts trop faibles.

Le budget de 1882 pour l'artillerie comprenait une grosse somme pour l'achat de locomotives routières.

France

438. En France, on s'occupa de nouveau des locomotives routières dès 1865. Le premier essai de locomotives routières sur une grande échelle, au point de vue militaire eut lieu, au Champ-de-Mars, à Paris, en 1875. Une machine Aveling, de la force de 8 chevaux, remorqua 12 canons, 6 caissons vides et 1 plein de munitions. Avec ce train de 125 mètres de long et représentant un poids de 33,000 kilogr. elle exécuta diverses manœuvres d'une manière très satisfaisante, avec une vitesse de 7 kil. 500 à l'heure. A la suite de cette expérience, on acheta quelques locomotives de ce système, mais depuis on a donné la préférence à celles du système Cail, que nous avons décrites.

On a fait d'ailleurs de nombreuses expériences comparatives pour l'artillerie et le génie, avec les divers systèmes. Les locomotives légères ont été employées principalement par l'artillerie pour des travaux d'armement, surtout dans les forts de Paris, tandis que le service du génie a fait usage des plus lourdes pour le transport des cuirassements et des fardeaux les plus pesants.

Récemment le ministère de la guerre a fait construire une de ces machines pouvant servir au transport des canons et des vivres ; cette machine est munie d'un appareil pour l'éclairage électrique.

Au mois d'avril 1876, on a également fait des expériences de locomotives routières à air comprimé. Les résultats n'ont pas été satisfaisants, sans compter que les moteurs de cette espèce ne pourraient être employés que dans le voisinage des localités où il est possible de préparer l'air comprimé nécessaire.

Italie

439. Des expériences nombreuses furent entreprises, au point de vue militaire avec des locomotives routières, d'une manière plus complète que dans les autres États, parce qu'en Italie il y a relativement peu de chevaux, mais de bonnes routes.

En supposant que les forces italiennes sur le pied de guerre se composent de 3 armées comprenant chacune 3 corps à 2 divisions, il faudrait au moins 85,000 chevaux ou mulets pour leur mobilisation dont 25,000 faisant partie de l'armée, et 60,000 à réquisitionner. Mais des recensements faits en 1866 ont prouvé que c'est tout au plus si l'on pourrait trouver dans le pays, la moitié de ce nombre et encore pour le réunir, faudrait-il peut-être deux mois.

On voit que dans ces conditions il était indispensable, pour ce pays, de faire usage de remorqueurs à vapeur pour suppléer à l'insuffisance des autres moyens de transport.

Des essais de divers genres eurent lieu en 1873 à Vérone, Turin, Castiglione et Saint-Maurice, avec trois locomotives Aveling-Porter de la force de 4, 6 et 10 chevaux achetés dans ce but.

Les expériences faites alors à Castiglione, à l'occasion des grandes manœuvres, furent des plus complètes et elles donnèrent en résumé les résultats suivants. Une routière de la force de 6 chevaux a besoin par kilomètre et par tonne de 1 à 3 kilogr. de bois ou de 1/2 à 1 1/2 kil. de houille ou de coke et de 2 kilogr. d'eau, suivant l'état et la pente des routes. La vitesse peut aller jusqu'à 6 kilomètres à l'heure, mais il est plus pratique de ne pas dépasser 4 kilomètres.

Un train composé d'une locomotive et de 10 à 11 voitures disposées convenablement n'occupe que le tiers de la longueur d'un train ordinaire, composé du même nombre de voitures ; il ne dépasse pas

40 à 50 mètres. Avec un train de 50 mètres, on a fait plusieurs fois le trajet de Lonato à Castiglione, sur une route très fréquentée et avec des courbes de 90°.

La locomotive seule peut tourner sur une courbe d'un rayon de 3 mètres avec 8 voitures à sa suite, elle peut se retourner sur une route de 10 mètres de large. On ne peut guère gravir avec la charge voulue que des pentes allant jusqu'à 14/100. A partir de cette limite, la machine est employée comme locomobile et hisse les trains au moyen de cordes et de poulies.

Les machines expérimentées firent preuve de toutes les qualités requises pour un bon service en campagne. Elles peuvent parcourir sans interruption un trajet de 80 à 100 kilomètres en circulant dans les prairies, les terres fraîchement labourées ou les routes nouvellement rechargées et même recouvertes d'une couche de neige de 0,08. Le réservoir à eau est suffisant pour un parcours de 5 kilomètres et la caisse à charbon pour un trajet de 8 à 10 kilomètres. Dans les trajets assez longs, où l'on prévoit ne rencontrer ni eau ni combustible, il faut emmener des approvisionnements sur une voiture.

Les diverses expériences permirent de se rendre compte que les locomotives de la force de quatre chevaux sont trop faibles, et ne procurent aucun avantage réel, tandis que celles de dix chevaux sont au contraire trop lourdes. A Saint-Maurice, on essaya aussi une locomotive du système Thomson, mais elle se comporta moins bien que celles du système Aveling-Porter.

Le transport à 80 kilomètres de distance d'un train comprenant sept voitures de parc pesant chacune deux tonnes, sur des routes ordinaires, avec des pentes de 4/100 au plus, ne revient qu'à 100 francs, avec une routière de la force de 4 chevaux, tandis qu'il faudrait 28 chevaux pour le traîner, lesquels entraîneraient une dépense de 280 francs. Il faut remarquer, en

outre, qu'avec la machine, le trajet serait effectué en 24 heures, tandis qu'autrement, il faudrait 48 heures ou 48 chevaux.

En 1874, une locomotive Aveling, de la force de 4 chevaux, remorquant 3 voitures pesant 6 tonnes, monta par la route du Mont-Cenis jusqu'à l'hospice. Cette route n'était pas en bon état d'entretien, et elle avait été détrempée par la pluie sur une partie du trajet. Pour effectuer le même transport, il aurait fallu 42 chevaux.

A la suite de ces expériences, le ministre de la guerre fit acheter, dès 1880, 12 locomotives Aveling-Porter et 1 Fowler, et il autorisa en même temps l'achat successif de 60 de ces machines, pour le service des transports de deuxième ligne. Le service en fut confié aux régiments du génie. Le transport le plus intéressant fait avec une routière est celui de la statue du duc de Gênes, de Florence à Turin, en 1877. Cette statue, d'une seule pièce, était enfermée dans un parallélépipède de 4^m,50 de long, de 3^m,80 de large et de 4^m,50 de haut. Le chemin de fer n'ayant pu s'en charger, le service du génie demanda à effectuer ce transport avec des routières, afin de mettre ce matériel aux prises avec de sérieuses difficultés et de faire de précieuses expériences pratiques. Le transport s'effectua, non sans peine, mais sans incident et sans dommage sérieux pour les machines. Il ne revint qu'à 5,000 francs tous frais compris, tandis qu'aucune entreprise n'avait voulu s'en charger à moins de 20,000 francs.

Russie

440. En 1876, deux routières (1 Aveling-Porter et 1 Fowler) furent affectées à des expériences sur les routes ordinaires, et des expériences de différentes natures ont été faites pendant les grandes manœuvres d'été, au camp de Krasnoë-Selo et plus spécialement à celui d'Oust-Izhora. On leur fit franchir les pentes de plus

escarpées, les routes les plus difficiles et les terrains les plus détrempés ; on leur fit faire devant le czar les évolutions les plus variées, chacune d'elles remorquant deux batteries.

La machine Aveling fut dirigée par un chemin exécrable sur le polygone du génie et de là envoyée dans la première parallèle, sur un terrain inégal et broussailleux, dans le but de savoir s'il serait possible, dans ces conditions, de faire arriver et d'enlever les pièces de siège au moyen de cette locomotive ; le résultat fut concluant.

Les deux routières furent employées aussi au transport du matériel d'artillerie des batteries de siège, du polygone du génie au dépôt du matériel d'artillerie. En 24 heures, la machine Aveling transporta 2 canons de 24 livres, avec affûts et châssis ; 2 pièces en acier fondu de 40 livres furent enlevées directement à leur emplacement de batterie, puis fixés à la locomotive qui les entraîna jusqu'à destination, par un fort mauvais chemin, où les roues étroites des pièces enfonçaient parfois jusqu'aux moyeux. La machine Fowler transporta à peu près la même quantité de matériel. Pendant l'hiver de 1876-1877, le gouvernement russe acheta 12 routières, dont 6 Aveling et Porter, 3 Clayton, 2 Malzeff, constructeur russe à Briansk, et 1 Fowler.

On en forma un parc sous les ordres d'un officier supérieur et d'un lieutenant. On y adjoignit un petit atelier de réparations, comprenant 2 forges de campagne avec trois serruriers chacune et tous les outils nécessaires pour les réparations courantes.

Le 19 avril 1878, les 12 machines avec le personnel et les accessoires nécessaires furent dirigés sur le fort de Bendérah, où elles furent employées au transport de l'artillerie de siège. Il en fut ensuite de même à Slatino quelque temps après. De Slatino, elles furent envoyées à Turnu-Majurelli, où elles arrivèrent le

13 juin, après avoir fait un parcours de 110 kilomètres. On ne fit pas usage des routières en ce point, parce qu'on voulait garder secret l'armement des batteries, qui se faisait pendant la nuit. Une machine servit ensuite à installer un appareil électrique et à corriger l'installation de l'artillerie de siège.

On n'en trouva plus l'emploi du 19 juin au 15 août, où 3 machines transportèrent pendant un mois environ 425,000 kilogrammes.

Pendant l'hiver on ne put en tirer aucun parti parce que les routes étaient trop détrempées.

Au printemps, elles furent utilisées comme il suit :

1° Pour le transport de l'artillerie de siège et de ses accessoires, de la station de Baniass, à la ville de Giurgevo ; distante de 25 kilomètres dont 16 de chaussée et 9 de route vicinale ;

2° Pour le transport de l'artillerie de siège et de ses accessoires, de 5 batteries de siège au port de Saint-Nicolas, dans la ville de Giurgevo, à des distances comprises entre 4 et 13 kilomètres par route vicinale.

3° Pour le transport de munitions de Pétrohanski, à la station du même nom, éloignée de 1,100 mètres sur une route vicinale.

On employa à ces transports de 4 à 6 machines, qui traînèrent un poids total de plus de 4 millions de kilogrammes. Une autre fut employée comme locomobile et servit à pomper de l'eau.

Les machines furent envoyées ensuite à Roustchouk, où elles transportèrent du matériel de siège et du matériel de campagne à des distances de 4 kilomètres en moyenne, d'un poids total de 400,000 kilogrammes.

Ainsi, quoique les locomotives routières n'aient été employées que la moitié du temps environ, parce qu'il n'y avait pas assez de travail pour elles, elles ont transporté néanmoins, d'après les rapports offi-

ciels, un poids total de plus de 9 millions de kilogrammes, sans compter les autres emplois.

Des calculs faits sur les sommes qu'il aurait fallu payer à des entrepreneurs pour faire le même travail, il résulte que les routièrès, bien qu'on ne les ait pas toutes employées et malgré les grandes interruptions que leur service a éprouvées ont non seulement remboursé leur prix d'achat et leur frais d'entretien, mais qu'elles ont encore produit un bénéfice net de 30,000 francs.

Ce furent les locomotives Aveling qui donnèrent les meilleurs résultats à tous

les points de vue. Les machines Clayton, moins pesantes, peuvent circuler facilement sur les routes ordinaires. Les locomotives Fowler et Maltzeff firent preuve d'infériorité par rapport aux deux autres systèmes au point de vue militaire.

Actuellement ces diverses machines sont réparties dans les forts, pour y effectuer le transport des lourdes charges de l'artillerie et de manière que, en cas de guerre, elles soient considérées comme faisant partie des parcs de siège. Deux ont été conservées pour des expériences ou pour des services exceptionnels.

§ III. — CAS OU IL EST AVANTAGEUX D'EMPLOYER DES ROUTIÈRES

441. Les expériences que nous venons d'indiquer sommairement permettent de déduire avec certitude les cas où il est pratique et avantageux de faire usage de ces machines, aussi bien en temps de paix qu'en temps de guerre.

L'emploi des routièrès présente de grands avantages pour le transport des convois, tant sous le rapport de la vitesse de circulation (puisque l'on peut les faire marcher nuit et jour) que sous celui du poids considérable transporté.

Sur une bonne route un de ces moteurs peut facilement traîner 10 voitures à 4 chevaux; sur de mauvais chemins, on peut diminuer ces nombres de moitié.

A la rigueur, ces machines peuvent circuler hors des chemins praticables, sur le sable, la neige et la glace, et il est prouvé que, dirigées d'une manière intelligente, elles peuvent passer à peu près partout.

On dispose pour les places fortes d'une force qui permet d'exécuter rapidement des travaux d'armement et de désarme-

ment, considération qui est surtout précieuse dans le cas de forts éloignés quelquefois de plus de 5 kilomètres du corps de place.

Dans le siège d'une place, ces moteurs facilitent puissamment le transport des pièces lourdes, des munitions et des approvisionnements de toute espèce, depuis la gare la plus rapprochée jusqu'à l'emplacement où il en est besoin, comme nous l'avons vu en Russie, où l'on a amené des pièces jusque dans la tranchée. On sait quelle quantité de matériel lourd nécessitent les sièges actuels, alors que souvent la gare de débarquement est assez éloignée de l'endroit où ce matériel doit être employé et transporté. Avec des routièrès le chargement et le déchargement sont rapides et faciles, et leur emploi est tout indiqué lorsqu'il n'a pas été possible d'établir de voies de raccordement reliant la station aux différents parcs.

La grue placée à l'avant des machines facilite beaucoup le chargement et le déchargement des objets lourds dans les

stations, les arsenaux, etc. De plus, la faculté de les employer comme locomobiles, permet de les utiliser en tout temps avantageusement pour exécuter diverses opérations mécaniques.

Enfin un emploi des locomotives routières très pratique consisterait à leur faire transporter des boulangeries de campagne composées de fours portatifs d'un modèle quelconque. En effet, des chevaux peuvent tout au plus parcourir 40 kilomètres en moyenne par jour, tandis qu'une routière peut facilement travailler vingt heures, avec une vitesse de 5 kilomètres à l'heure et parcourir ainsi sans inconvénient au moins 100 kilomètres dans une journée. On évite ainsi la perte de temps qui résulte d'un changement de station plus fréquent. En outre, pendant l'installation de la boulangerie, la locomotive pourrait aller chercher le bois et la farine, plus tard transporter le pain jusqu'aux magasins, etc.

En un mot, on peut utiliser avec avantage des routières partout où l'on emploie des chevaux de trait, excepté dans le rayon d'opération des premières lignes d'une armée en marche. Dans les diverses circonstances précitées, une machine peut fournir un travail équivalent à celui d'un grand nombre de chevaux et à un prix de revient notablement inférieur ; en outre, la longueur des colonnes est moindre ainsi que le personnel employé, soit à leur conduite, soit à leur service de sûreté. Il peut donc y avoir intérêt à s'en servir même dans les pays où il y a abondance de chevaux.

Le service du génie, en France, a essayé des machines dites de 12 chevaux pour le service des cuirassements.

L'Angleterre emploie des routières aux Indes pour le transport des bagages, approvisionnements, etc., surtout pour les détachements de troupes éloignées des stations de chemin de fer.

Avantages

442. 1° Le transport des objets est deux fois plus économique qu'avec des chevaux, encore ceux-ci mangent lors même qu'ils ne travaillent pas, tandis que les routières ne coûtent rien en ce cas.

2° La diminution du nombre des chevaux entraîne la diminution du nombre des soldats du train, et comme conséquence celle des approvisionnements pour les hommes et les chevaux supprimés ;

3° Le train est sensiblement moins long, un tiers environ, ce qui, avec les convois considérables de nos jours, est un avantage qui a bien son prix ;

4° Il est plus facile de maintenir le bon ordre dans le convoi ;

5° On supprime les difficultés qui, avec les chevaux, résultent des maladies, du manque de fourrages, etc. ;

6° Il est possible de régler avec précision et d'exécuter avec exactitude, la nuit comme le jour, le service des convois, en triplant les étapes au besoin ;

7° Les routes ordinaires sont coupées par des côtes fréquentes ou en très mauvais état dans certaines parties, surtout en campagne. Dans ces divers cas, il faut des chevaux de renfort, tandis que la machine de traction peut donner des coups de collier à volonté, sans fatigue disproportionnée pour ses organes.

Inconvénients

443. La plupart des inconvénients reprochés ne sont pas sérieux. Ainsi le prix de 20,000 francs que coûte une de ces machines n'est pas assez élevé pour qu'un État ne puisse s'en procurer le nombre nécessaire, car il ne faudrait pas attendre au moment d'une guerre pour se les procurer, et il est prouvé que, utilisées en temps de paix, on arrive facilement à réaliser une économie.

On a dit aussi que leur bruit insolite et leur fumée peuvent effrayer les che-

vaux qui les rencontrent. Ce danger n'existe guère, car ces machines circulent dans la plupart des grandes villes sans qu'on ait signalé d'accidents provenant de ce fait. Des précautions d'ailleurs peuvent être prises à ce sujet.

Un inconvénient plus sérieux consiste en ce que leur fumée, décelant leur présence, empêcherait de les employer dans les sièges, à une distance trop rapprochée de l'adversaire.

Le seul inconvénient réel, c'est la grande consommation d'eau et de charbon par les machines elles-mêmes; on ne peut guère emmener de l'eau que pour deux heures et du charbon pour six heures. Il faut donc prendre des mesures, que nous indiquerons plus loin, pour renouveler l'eau et le combustible.

On a encore fait les objections ou questions suivantes :

Comment fera-t-on pour transporter jusqu'à la tête d'une division avancée, les objets envoyés par une locomotive routière ?

Pourra-t-on appliquer ce mode de transport aux équipages de ponts ?

Comment arriver sans chevaux à attribuer la part afférente à chaque service dans les convois communs ?

Comment assurera-t-on sur les routes les relais nécessaires pour le charbon et l'eau ?

Il est évident qu'il faut faire un choix judicieux de ce genre de transport et des cas où ils peuvent être employés. Il y a des conditions essentielles à observer toujours, et des conditions secondaires pour chaque cas particulier.

Conditions essentielles

444. Les conditions essentielles, en supposant une étape de 50 kilomètres à parcourir, sont les suivantes :

1° Assurer la provision du charbon pour 50 kilomètres au moins et des relais avec prise d'eau sur la route tous les 15 kilo-

mètres. Le poids du charbon à transporter ne dépasse pas celui du fourrage nécessaire à 20 chevaux pour cinq jours. D'ailleurs la locomotive à grand foyer permet à défaut de charbon, de brûler un combustible quelconque, même du bois vert. On a pu constater qu'il suffit d'un peu plus de deux stères de bois pour entretenir le feu pendant trois heures.

Pour 10 locomotives, il faut environ 10 mètres cubes d'eau par 15 kilomètres.

Il est toujours à peu près possible de se procurer de l'eau, que l'on introduit au moyen d'une pompe alimentaire et d'un tube aspirateur. Ce tube, plongeant dans l'eau, vient puiser et refouler dans la chaudière l'eau nécessaire à l'alimentation. Pour cela, le niveau de l'eau à aspirer ne doit pas être à plus de 4 mètres au-dessous du niveau du chemin.

Dans les longs trajets, où l'on ne pourra pas trouver ni eau ni combustible, un certain nombre de voitures du convoi transportera ces objets de première nécessité; dans les cas extrêmes, on brûlera les arbres des routes. On trouvera toujours un combustible quelconque et le foyer de la chaudière est disposé pour brûler toute espèce de combustible.

2° Organiser le service du personnel pour la marche et la sécurité du convoi.

Il faut avant tout disposer d'un nombre suffisant de mécaniciens pour le cas de guerre, et leur donner l'instruction voulue pour ce dernier cas, en profitant des grandes manœuvres pour faire servir des routières au transport des convois.

L'expérience a d'ailleurs démontré que les meilleurs conducteurs sont les serruriers ordinaires et non pas les hommes qui ont l'habitude de conduire des locomotives de chemins de fer, car ces derniers veulent toujours aller à une vitesse trop grande, ce qui détériore les machines.

L'instruction pour ce genre de service peut être faite en quelques jours avec des serruriers intelligents qui seront à même

de réparer et de nettoyer les machines.

Ces conducteurs doivent être bien payés, pour qu'ils puissent bien se nourrir, car ils font un travail difficile et pénible.

Quant au service de sécurité sur les derrières, il est presque nul, et dans tous les cas, il est moindre qu'avec un autre genre de convoi. On l'organisera donc suivant les circonstances.

3° Employer une machine pouvant faire un parcours de 100 kilomètres au moins, sans nécessiter d'autres réparations que celles que le mécanicien peut faire lui-même.

Pour cela, il faut tout d'abord que la construction soit solide afin que la machine puisse résister aux chocs et aux obstacles sans avoir jamais à redouter un accident par défaut de solidité.

En outre, destinée à passer au besoin dans les plus mauvais chemins et même à travers champs, à être manœuvrée par des personnes peu expérimentées et peu intelligentes, enfin ne fonctionnant que par intervalles, cette locomotive routière militaire exige une grande simplicité de construction.

Il faut pouvoir à chaque instant la visiter pièce par pièce, la démonter et la remonter sans peine. Les organes doivent être assez simples pour qu'un serrurier intelligent puisse faire toutes les réparations nécessaires. Il faut donc éviter les pièces en fonte et n'employer que des dispositions mécaniques se comprenant à première vue. Cependant il est prudent que chaque machine dispose d'un certain nombre de pièces de rechange pour remplacer les parties les plus délicates, qu'il serait à peu près impossible de se procurer ou de réparer avec les ressources dont on dispose en campagne.

Nous avons vu que des locomotives routières ont été employées pendant toute la guerre russo-turque sans nécessiter de réparations importantes.

De même le gouvernement anglais n'a pas craint de s'en servir pendant son

expédition dans le Zululand, dans un pays dépourvu d'ateliers, aussi bien que dans l'Inde, pour le transport des bagages et des approvisionnements. On peut donc dire que, sous divers rapports, la preuve est faite.

4° Une des causes qui ont peut-être le plus empêché l'emploi des routières de se répandre, c'est qu'on voulait exiger d'elles des conditions trop semblables à celles des locomotives sur rails. Ce sont surtout les inégalités de tous les chemins non munis de rails qui s'opposent le plus à la vitesse.

Pour répondre aux conditions de simplicité, on emploie une machine à vapeur à haute pression. La vapeur est rejetée dans l'air après qu'elle a produit son effet sur le piston, sans s'arrêter à la question d'économie résultant de la condensation de la vapeur, parce que, pour obtenir cette condensation, il faudrait compliquer la machine d'un grand nombre d'organes.

Conditions secondaires

445. Comme conditions secondaires, on peut citer :

1° La nécessité d'un abri pour les conducteurs, afin que ceux-ci puissent faire leur service et exercer leur surveillance dans de bonnes conditions.

2° La vitesse par heure et par jour. La locomotive à marche très rapide ne peut convenir aux transports militaires, où l'on doit traîner de lourds fardeaux sur des routes souvent difficiles. Des machines pouvant marcher avec des vitesses différentes seraient trop compliquées et exigeraient trop de réparations.

Les voies ferrées suppriment tous les obstacles qui peuvent sérieusement entraver la marche des trains, tels que : inégalités de la voie, irrégularités des pentes, courbes prononcées, etc., de sorte que leur vitesse est facilitée.

Mais il n'en est pas de même pour les locomotives routières, qui au contraire ont

toujours donné d'excellents résultats, lorsqu'on s'est contenté d'une vitesse possible, laquelle peut être comprise entre 5 et 6 kilomètres à l'heure.

La vitesse par jour dépend non seulement de la vitesse par heure, mais de diverses autres causes. D'abord, il faut tenir compte des temps d'arrêt pour faire de l'eau, exécuter les petites réparations causées par les cahots, telles que : grippements, desserrages des écrous, etc. En outre, il faut s'arrêter deux heures sur douze pour visiter et nettoyer la machine. Enfin l'équipe chargée de la marche du train ne peut guère travailler pendant plus de douze heures, et il faut alors s'arrêter, à moins d'avoir deux équipes, dont une se reposerait successivement dans les fourgons. Dans ce dernier cas, une bonne machine peut à la rigueur travailler vingt heures par jour et faire de 80 à 100 kilomètres, sinon l'étape sera moitié moindre.

3° Les difficultés de la route. La vitesse par jour dépend encore de l'état d'entretien des routes, de leurs pentes, des courbes, etc.

Les routes pavées d'une certaine longueur doivent être absolument évitées, car elles disloquent la machine, et il faut au besoin faire des détours pour cela.

Des chemins détrempés ou fraîchement rechargés exigent une force plus grande ou un poids moins lourd. Mais ce sont surtout les pentes qui entravent la marche uniforme de ces machines. On a constaté qu'avec des pentes de un sixième, une locomotive routière ne pouvait plus que se traîner elle-même. Dans ce cas, on fractionne le train et l'on en remorque séparément les différentes parties. A cet effet, la machine est munie d'un treuil, sur lequel s'enroule un câble métallique. Mais il est évident que ce genre d'opération, surtout s'il faut le recommencer plusieurs fois, diminue le parcours de la journée.

Sur des pentes ne dépassant pas un quart, la machine peut traîner encore le double de son poids, tandis que sur des

pentes de un dixième, elle ne remorque plus qu'un poids égal au sien.

La question des courbes du chemin ne présente aucune difficulté. Ainsi, par exemple, un convoi de huit voitures, d'une longueur totale de 53^m,70, peut tourner sur lui-même sur une route de 8^m,20 de large.

446. Mesures de précaution.— Pour éviter les accidents, la machine doit ralentir sa marche lorsqu'elle passe sur une route étroite, lorsqu'elle croise un autre train, un convoi, une troupe de cavalerie dont elle pourrait effrayer les chevaux, etc. Pourtant ce dernier inconvénient est moins à craindre qu'on ne pense, car, en 1873, des locomotives routières firent plusieurs fois le trajet de Castiglione à Lanato, avec un train de 49 mètres de long, sans entraver en rien le mouvement des autres voitures, très actif sur cette route, d'ailleurs fort accidentée et sinueuse. Il est d'ailleurs prudent de faire accompagner chaque train par deux cavaliers se tenant l'un en tête et l'autre en queue.

Organisation du service des trains.

447. Cette organisation, variable suivant les circonstances, reste soumise aux règles générales suivantes :

1° Déterminer le nombre des trains à envoyer dans la journée, de manière à ne pas se gêner mutuellement ni embarrasser la circulation des autres voitures ou troupes, et ne pas changer le train plus que ne le comportent la force de la machine et l'état des routes.

2° Préparer d'avance tous les 15 kilomètres des relais d'eau, et tous les 50 kilomètres des relais de charbon.

3° Adjoindre le nombre d'hommes à cheval, d'officiers et de sapeurs du génie nécessaires pour la défense du convoi, le service de sûreté et les travaux ou manipulations nécessaires.

4° Prendre les mesures voulues pour que les trains arrivent à destination à l'heure prescrite.

5° Si les locomotives doivent revenir sur leurs pas, organiser un système de relais en conséquence.

6° Si une marche en retraite est à prévoir, prendre les dispositions nécessaires en temps opportun.

Résumé

448. En résumé, les diverses expériences du temps de paix et du temps de guerre, faites avec des locomotives routières dans les circonstances les plus diverses, permettent de tirer les conclusions générales suivantes au sujet de leur emploi au point de vue militaire :

1° Ces machines peuvent être utilement employées pour les transports de charges considérables, aussi bien sur chaussées que sur routes vicinales, mais avec des charges proportionnées à l'état des routes et des pentes.

2° Les machines de traction montent toutes les côtes que peuvent gravir les camions ordinaires, et leur emploi comme locomobiles permet entre autres de remorquer les trains sur les pentes les plus fortes à l'aide d'un treuil.

3° La docilité de ces machines ne laisse rien à désirer, aussi bien pour arrêter, ra-

lentir, accélérer le mouvement que pour changer de direction.

4° La vitesse ne doit jamais dépasser 5 kilomètres à l'heure en moyenne, pour arriver à faire de longues traites sans risquer d'endommager les machines.

5° Les routières peuvent au besoin brûler toute espèce de combustible.

6° A l'aide de ces machines, on peut procéder à des travaux d'armement et de désarmement avec une grande facilité, tant en temps de paix qu'en temps de guerre.

7° En changeant les bandages des roues, on peut les employer comme locomotives sur les chemins de fer.

Sans doute, il reste encore bien des perfectionnements à apporter pour que ces machines puissent circuler partout dans les meilleures conditions possibles, et les constructeurs n'y manqueraient pas si, en leur indiquant les modifications désirables, on leur faisait prévoir une commande, valant la peine de faire les études.

Mais, même dans leur état actuel que nous avons cherché à reproduire exactement, on peut dire qu'elles ont fait leurs preuves au point de vue militaire, et que convenablement utilisées, elles pourront rendre de grands services aux armées.

449. Nous terminerons par quelques renseignements numériques extraits d'un tableau publié par l'*Aide-Mémoire des officiers d'artillerie*.

DÉTAIL			CAIL		AVBLING ET PORTER		
(LES CHIFFRES EN ITALIQUE NE SONT QU'APPROXIMATIFS)			N° 2	N° 3	De 6 che- vaux (grue et câble)	De 8 che- vaux (grue)	De 12 che- vaux (câble)
Diamètre des roues....	{ motrices.....	mètres	1.500	1.300	2.133	1.676	2.133
	{ directrices.....	id.	0.950	0.850	1.216	1.066	1.206
Approvisionnement....	{ eau.....	kilos	2.200	1.400	1.000	700	1.225
	{ combustible.....	id.	600	400	250	300	400
Poids de la machine...	{ vide.....	id.	12.200	9.000	10.150	9.850	14.700
	{ en service.....	id.	15.000	11.000	11.700	11.500	16.900
Charge maximum sur les roues.....	{ motrices.....	id.	10.000	7.500	8.100	7.450	11.050
	{ directrices.....	id.	5.000	3.500	2.050	2.400	3.640
Train brut (machine non comprise), remorqué sur une bonne route sèche, avec rampes ac- cidentelles de.....	{ 10 à 20 mil. par mètr. environ,	tonnes	35	25	25	30	40
	{ 20 à 40 id. id.	id.	30 à 15	20 à 12	20 à 12	25 à 12	35 à 20
	{ 40 à 70 id. id.	id.	5 à 8	12 à 6	12 à 6	12 à 6	20 à 10
Train brut remorqué sur des rampes permanen- tes de.....	{ 10 à 20 mil. par mètr. environ,	id.	10 à 25	25 à 20			
	{ 20 à 40 id. id.	id.	5 à 15	20 à 12			
	{ 40 à 70 id. id.	id.	15 à 7	12 à 6			
	{ 120 à 140 id. id.	id.	0	0	0	0	0
Force nominale.....		chev. vap.	40	30			
Parcours avec l'approvisionnement d'eau.....		kilom.	0 à 12	10 à 12	9	6	6
Id. id. de combustible.....		id.	20 à 24	20 à 24	14	18	18
Rayon extérieur du tournant de la locomotive remorquant 5 voitures.....		mètres	6	6	6	6	10 à 15
Prix d'achat des machines.....		francs	7.000	21.000	16.600	19.000	23.600
Durée du service fait par les machines.....		mois	27	3	2 (essai)	18	1/2 (essai)
Travail en tonnes kilométriques.....			13.217	7.892	2.303	26.765	1.459
Prix de revient total (amortissement compris).....		francs	22.603	2.246	646	10.424	528
Prix du camionnage civil pour le même travail.....		id.	18.828	5.297	971	25.293	1.360
Nombre de journées d'attelages militaires à deux chevaux qui auraient été commandés pour le même travail....			3.108	486	328	3.590	200
Vitesse avec char- gement moyen de 10 tonnes (non compris le poids des voi- tures,.....	{ Routes ordinaires, en parties pavées, en parties macadamisées, avec ram- pes accidentelles ne dépassant pas 1 à 2 %.....	kilom.	5	5	4	4	4
	{ Route sèche horizontale.....	id.	7	7	5 à 6	5 à 6	5 à 6
	{ Route pavée, humide, macadam un peu défoncé, avec rampes acciden- telles de 1 à 2 %.....	id.	4	4	3	3	3
Nombre de mécaniciens, chauffeur ou pilote.....			3	3	2	2	3
Charbon consommé par tonne kilométrique.....		kilos	3.500	2.205	2.240	3.360	3.220
Eau id. id. id.		id.	15.000	12.500	13.000	15.000	15.000
Prix de revient de la tonne kilométrique.....		francs	0.41	0.26	0.28	0.39	0.36
Poids du changement des convois { moyen.....		tonnes	10	10	10	10	15
(non compris le poids des voi- { le plus lourd....		id.	16	16	16	16	23
tures)..... { le plus faible.....		id.	8	8	8	8	10
Nombre maximum des voitures remorquées conformément aux règlements de voirie.....			5	5	5	5	5
Durée des machines sans réparations graves.....			ans	2 ans	2 ans	2 ans	»

SCIENCES APPLIQUÉES A L'ART MILITAIRE

DEUXIÈME PARTIE

TÉLÉGRAPHIE

Généralités

450. La télégraphie (de *téle*, loin ; *graphé*, j'écris) est l'art de transmettre la pensée à de grandes distances avec une extrême rapidité.

On comprend sans peine qu'une semblable invention ait eu immédiatement de nombreuses applications pour faciliter les relations particulières, industrielles, commerciales ou même politiques ; mais l'application la plus importante est sans contredit celle que l'on peut en faire aux opérations militaires.

En effet, la télégraphie permet au général en chef d'une armée ou au gouverneur d'une place assiégée de se tenir en communication directe et constante avec les chefs qui commandent les grandes sub-

divisions sous ses ordres. Il peut transmettre ses instructions instantanément, et il est continuellement renseigné sur les mouvements de l'ennemi.

451. Nous classerons les diverses méthodes de télégraphie en trois catégories principales :

- 1° La télégraphie électrique ;
- 2° La télégraphie optique ;
- 3° La télégraphie irrégulière ou par signaux isolés.

Les deux premières méthodes sont les plus sûres et les plus rapides, mais elles exigent du matériel et du temps pour les installer ; c'est pour ces raisons que l'on est souvent obligé de les compléter ou de les suppléer par des procédés plus ou moins improvisés, tels que les signaux optiques ou acoustiques.

CHAPITRE PREMIER

PRINCIPES DE LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE

§ I. — NOTIONS SUR L'ÉLECTRICITÉ

Électricité

452. Avant d'exposer les principes sur lesquels est fondée la télégraphie électrique, nous croyons devoir rappeler, sommairement, les notions générales et les principales propriétés de l'électricité. Le cadre de notre travail ne nous permettant pas d'expliquer en détail la théorie de l'électricité et du magnétisme, qui est nécessaire pour se rendre compte, d'une manière rigoureuse, des applications à la télégraphie électrique, nous nous bornerons simplement à rappeler, sans les démontrer, les propriétés fondamentales de l'électricité et du magnétisme.

Le mot *électricité* provient du grec *electron*, ambre, substance dans laquelle on découvrit d'abord les phénomènes électriques.

On appelle électricité l'agent inconnu, cause des phénomènes d'attraction et de répulsion que présentent certaines substances, comme le verre, la soie, la résine, etc., lorsque, après les avoir frottées, on les approche de corps légers, par exemple de feuilles d'or ou de clinquant, de balles de sureau, de sciure de bois ou de barbes de plume.

453. *Deux sortes d'électricité.* — On a reconnu qu'il y a deux sortes d'électricité :

l'une, qui se développe dans le verre poli frotté avec de la laine, est appelée *électricité positive* ; l'autre, qui se produit dans la résine frottée avec de la laine, est appelée *électricité négative*.

Dans les figures représentant des appareils électriques, l'électricité positive est représentée par le signe + (plus), l'électricité négative par le signe — (moins).

Deux corps qui ont la même espèce d'électricité se repoussent ; ils s'attirent, au contraire, lorsque leurs électricités sont différentes. On déduit ces principes des phénomènes que présente une balle de sureau suspendue à un fil de soie, quand on en approche un corps électrisé : cette balle est tantôt attirée, tantôt repoussée, suivant qu'elle est chargée de fluide de nature contraire, ou de même nature que le corps avec lequel on le met en contact.

Lorsque l'électricité apparaît dans un système, il y a toujours une des deux électricités dans une partie du système, et une quantité égale de l'autre électricité dans l'autre partie.

Un corps électrisé peut en électriser un autre, soit par contact, et alors il lui donne une partie de son électricité ; soit par influence, c'est-à-dire à distance, et dans ce cas les deux électricités apparaissent en quantités égales sur le corps

influencé. Plus la distance des deux corps est petite, plus la quantité d'électricité développée par influence est grande. Lorsque la distance est assez petite, une étincelle jaillit entre les deux corps, et, à partir de cet instant, ils se comportent comme si on les avait mis en contact.

Les électricités différentes développées dans un système, sous une influence extérieure, tendent à se neutraliser et à disparaître. Dès que l'influence extérieure cesse, cette disparition a lieu, et en même temps apparaît de la chaleur.

454. Conducteurs. — L'électricité dont un corps est chargé peut être transmise, conduite à un autre corps par le moyen d'un troisième corps qui sert d'intermédiaire, de *conducteur*. Tous les corps ne conduisent pas l'électricité.

On appelle *bons conducteurs* de l'électricité, les corps qui transmettent bien ce fluide, et *mauvais conducteurs* ceux qui le transmettent mal ou qui ne le transmettent pas du tout. En général, les métaux, l'eau, etc., sont de bons conducteurs de l'électricité, tandis que le verre, la résine et les corps qui produisent l'électricité sont de mauvais conducteurs de ce fluide. Ces derniers sont employés pour isoler les corps bons conducteurs ; tel est le rôle des isolateurs en verre ou en por-

celaine dans les poteaux télégraphiques ; ils empêchent l'électricité conduite par le fil, de s'écouler plus ou moins dans le sol par l'intermédiaire du poteau.

Les corps bons conducteurs perdent immédiatement leur électricité dès qu'on les met en communication avec le sol, parce que le globe terrestre constitue alors avec eux un immense conducteur sur lequel se distribue l'électricité ; cet effet est plus rapide si l'atmosphère est humide et si les corps ont des pointes ou des angles. Aussi a-t-on soin d'employer des formes arrondies pour les corps conducteurs.

455. Piles. — Les électricités développées par influence peuvent être conservées pendant quelque temps sans qu'elles puissent se neutraliser au moyen d'appareils appelés *conducteurs électriques*, formés essentiellement de deux conducteurs isolés, séparés l'un de l'autre par une substance non conductrice. Les conducteurs se nomment *armatures*.

La pile de Volta n'est autre chose qu'un conducteur électrique qui serait incessamment chargé et déchargé. Toutes les piles, plus ou moins perfectionnées, imaginées jusqu'à présent, sont basées sur ce même principe. Nous aurons occasion d'en décrire quelques-unes dans le présent traité.

§ II. — NOTIONS GÉNÉRALES SUR LE MAGNÉTISME ET L'ÉLECTRO-MAGNÉTISME

456. Magnétisme. — On appelle *magnétisme* l'agent auquel l'aimant doit la propriété d'attirer le fer, et qu'on identifie aujourd'hui avec l'électricité.

Les aimants sont dits *naturels*, lorsqu'ils ont, sans aucune préparation préalable, la propriété d'attirer le fer ; ils sont dits *artificiels*, lorsque cette propriété leur est donnée au moyen d'une préparation ap-

pelée *aimantation*. C'est en soumettant des barreaux de fer à l'action d'un courant électrique continu qu'on a obtenu les aimants les plus puissants.

Lorsqu'on plonge un aimant, soit naturel, soit artificiel, dans de la limaille de fer, on voit celle-ci y adhérer ; si l'on présente l'aimant à distance, la limaille est attirée et s'élance sur lui. La limaille ne se

répand pas uniformément sur la surface d'un aimant; elle s'amoncele autour de deux points opposés qu'on appelle *les pôles* de l'aimant, et il reste vers le milieu une ligne dont les points n'exercent aucune action attractive et qui se nomme *ligne neutre*. On appelle *pôle nord ou austral* celui qui se trouve vers le nord de la terre, quand l'aimant est suspendu comme une aiguille de boussole, et *pôle sud ou boréal*, l'autre pôle. Les pôles de même nom se repoussent; les pôles de nom contraire s'attirent, et ces attractions ou répulsions sont en raison inverse du carré des distances.

Les aimants artificiels prennent les noms *d'aiguilles, de lames, de barres ou de barreaux*, suivant leurs dimensions. La réunion de plusieurs aiguilles ou de plusieurs barres aimantées, ayant tous les pôles de même nom tournés dans un même sens, forme une *armature* ou un *faisceau magnétique*.

On donne souvent aux aimants la forme de fer à cheval.

Une aiguille aimantée qu'on place sur un point et qu'on abandonne à elle-même se tourne de manière que ses extrémités ou *pôles* se dirigent vers les pôles de la terre.

457. Courants. — On appelle *courants électriques* les mouvements de l'électricité qui servent à décharger les corps électrisés. Si l'on considère une pile électrique dans laquelle on a établi, à l'aide d'un fil métallique, la communication entre les deux pôles, on suppose que l'électricité positive parcourt la pile ainsi que le fil conducteur dans un sens, et l'électricité négative dans un autre. On dit alors que le fil est traversé par un courant allant du pôle positif au pôle négatif. Ces courants ne sont décelés par aucun phénomène apparent (à moins que le fil ne soit de très petit diamètre, dans lequel cas il s'échaufferait), mais ils se reconnaissent facilement par l'action qu'ils exercent sur l'aiguille aimantée.

En effet, lorsqu'un fil conducteur est traversé par le courant de la pile, et qu'on approche de ce fil une aiguille aimantée librement suspendue, elle dévie de sa position et se met en croix avec la direction du courant après plusieurs oscillations. La force qu'exerce ainsi le courant de la pile sur le magnétisme de l'aiguille s'appelle *force électro-magnétique*; l'intensité de cette force diminue à mesure que la distance augmente entre le courant et l'aiguille.

Le courant électrique n'agit pas seulement sur les aimants, il est capable d'aimanter avec autant de puissance que les plus forts aimants. Si on plonge dans la limaille de fer une portion du fil qui joint les deux pôles d'une pile, on voit la limaille s'enrouler autour du fil et y rester adhérente tant que passe le courant, puis se détacher aussitôt que le courant est rompu.

De même que les courants électriques agissent sur la direction de l'aiguille aimantée, les aimants, à leur tour, peuvent influencer la direction des courants eux-mêmes.

Ampère a aussi reconnu que les courants agissent les uns sur les autres, et il a été constaté que deux courants parallèles s'attirent quand ils marchent dans le même sens, et qu'ils se repoussent quand ils marchent en sens contraire.

Un courant qui traverse un fil conducteur peut faire naître un courant dans un fil voisin; ce nouveau courant prend le nom de *courant par induction*; il se manifeste au moment où le courant électrique commence à traverser le fil voisin, et au moment où il cesse; le courant qui commence fait naître un courant par induction dans le même sens; le courant qui finit fait naître un courant par induction en sens contraire.

458. Électro-aimants. — La télégraphie électrique repose sur le principe fondamental de l'électro-magnétisme, établissant que tout barreau de fer doux en-

touré d'un fil conducteur traversé par un courant acquiert instantanément les propriétés de l'aimant, et les perd aussitôt que le courant disparaît. De là le nom d'électro-aimant donné au système formé d'un barreau de fer doux et d'un fil de cuivre recouvert de soie isolante, enveloppant le barreau d'un grand nombre de tours.

Si, en regard d'une extrémité de cet électro-aimant, on place une lame en fer doux, celle-ci se trouvera attirée chaque fois que le courant passera, et l'attraction cessera dès qu'on interrompra le courant.

Le barreau est généralement recourbé en forme de fer à cheval, afin que ses deux extrémités puissent concourir à l'attraction de la lame de fer doux.

Si à celle-ci se trouve un ressort qui la ramène dans une position déterminée toutes les fois que l'attraction cesse, on peut, par une suite d'interruptions et de rétablissements du courant produit à des distances considérables de l'électro-aimant, provoquer des mouvements de va-et-vient de la lame qui peuvent être utilisés comme signaux.

III. — PRINCIPES DE LA COMMUNICATION ÉLECTRIQUE

Communication entre deux postes

459. Pour faire mieux saisir le principe de la communication électrique entre deux postes A et B, nous aurons recours

à une figure théorique ci-dessous (fig. 255) représentant les organes essentiels et permettant de se rendre compte de leur fonctionnement.

Les deux stations A et B sont réunies par un fil conducteur A B continu et isolé, qu'on appelle *la ligne*.

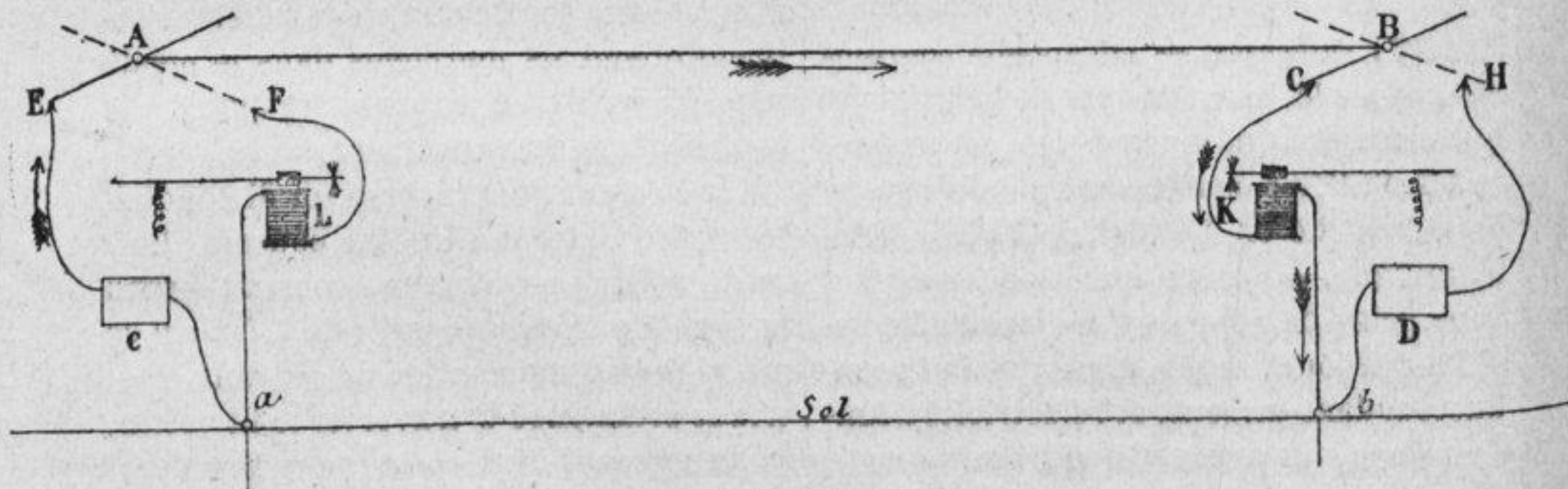


Fig. 255.

Pour que le courant puisse s'établir entre ces deux stations, il est indispensable que le circuit soit fermé, soit par un deuxième fil conducteur allant de B en A, et appelé *fil de retour*, soit plus simplement par la terre mise en contact

intime avec les extrémités du fil A et B, qui tient lieu alors de fil de retour.

Supposons maintenant que le poste A veuille transmettre une dépêche au poste B.

Le poste A possède une pile C, un le-

vier métallique ou manipulateur mobile autour du point A ; ce levier peut toucher alternativement les deux butoirs métalliques E et F, et permet ainsi d'établir ou d'interrompre le courant de la pile.

Lorsqu'on donne au manipulateur la position AE, le courant passe sur la ligne, arrive au point B et de là, par le point C, au récepteur K. Ce récepteur est composé d'un électro-aimant, d'une armature placée en regard et fixée à un levier qui oscille entre deux butoirs, et qui est successivement attiré quand le courant passe, puis ramenée à sa position initiale quand le courant cesse, par l'action d'un ressort antagoniste.

Il résulte de ce qui vient d'être exposé que les oscillations du levier du récepteur du poste B sont identiques à celles du

manipulateur du poste A ; nous verrons plus loin, lors de la description détaillée de l'appareil, comment ce levier inscrit les signaux sur une bande de papier qui se déroule devant lui.

Si au lieu de transmettre une dépêche du poste A au poste B, c'était, au contraire, à ce dernier à en transmettre une au poste A, la transmission se ferait de la même manière que ci-dessus, les deux postes étant organisés d'une façon tout à fait identique. Le manipulateur du poste B vient prendre la position BH, tandis que celui du poste A est à sa position naturelle AF. Le courant de la pile D suit la direction DHBAF et arrive à l'électro-aimant L, où il provoque une attraction sur l'armature du récepteur du poste A.

§ IV. — AVANTAGES & INCONVÉNIENTS DE LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE

460. Avantages.— La télégraphie électrique présente, au point de vue militaire, les avantages suivants :

1° Son action n'est pas entravée par l'état de l'atmosphère, et elle fonctionne aussi bien de jour que de nuit.

2° La portée des appareils est très grande et peut être facilement augmentée au moyen de certaines dispositions. On peut donc correspondre directement à des distances très grandes, sans être obligé de recourir à des stations intermédiaires.

3° Tous les emplacements sont bons pour y installer une station, car généralement, on trouvera à proximité de l'eau ou un terrain humide pour relier à la terre les extrémités du fil conducteur, et, au besoin, on peut s'en dispenser en établissant un fil de retour.

4° Les diverses stations n'ayant pas besoin de s'apercevoir les unes les autres,

il n'y a pas à s'occuper de l'orientation des appareils, comme dans la télégraphie optique.

5° Les dépêches étant écrites sur la bande, par l'appareil de réception, on en conserve ainsi la trace originale.

6° La transmission et la réception des dépêches sont beaucoup plus rapides qu'avec la télégraphie optique.

461. Inconvénients.— En regard de ces avantages, la télégraphie électrique présente les inconvénients suivants : Il faut un fil conducteur continu pour relier les stations en correspondance ; par suite, on sera obligé d'entretenir et de traîner avec les armées un matériel considérable : de plus, ces lignes exigeront, pour leur construction, un personnel assez nombreux, et un certain laps de temps ; enfin il sera possible à l'ennemi de couper les lignes ou d'y pratiquer des dérangements, ce

qui n'a pas lieu avec la télégraphie optique.

Malgré ces inconvénients, on a adopté la télégraphie électrique, pour la guerre de campagne, parce que c'est elle qui

offre le plus de ressources, qui peut le mieux se prêter aux circonstances variées de la guerre, et qui, en général, fonctionne dans les conditions les plus régulières.

CHAPITRE II

MATERIEL DE LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE

462. Classement. — Le matériel de la télégraphie électrique de campagne peut se classer dans les trois catégories principales :

I. *Le matériel de poste* : qui comprend les piles et tous les appareils constituant les postes télégraphiques ;

II. *Le matériel de ligne* : qui comprend les fils conducteurs, les supports et en général tous les engins qui servent à établir les lignes télégraphiques ;

III. *Le matériel roulant* : qui comprend les différentes espèces de véhicules, tels que voitures-poste, fourgons, chariots, brouettes, etc., destinés à transporter le matériel de poste et le matériel de ligne à la suite des armées en campagne.

463. Matériel nécessaire. — Toute communication par la télégraphie électrique nécessite :

1° Une source d'électricité à chaque station ;

2° Un fil conducteur pour relier les stations entre elles ;

3° Des appareils destinés à faire les signaux et à les recevoir.

1° Sources d'électricité

464. Espèces. — Les sources d'électricité sont de deux espèces : les piles et les machines électro-magnétiques. Ces dernières ont l'inconvénient d'être compliquées et d'exiger des réparations que l'on ne peut songer à faire en campagne, aussi les a-t-on rejetées partout pour ce service.

Nous ne nous occuperons donc que des piles qui sont seules en usage dans la télégraphie militaire, à cause de la facilité de leur installation.

Les piles généralement employées en télégraphie sont les piles *Daniell*, *Callaud*, *Marié-Davy*, *Leclanché*.

465. Pile Daniell. — Chaque élément de la pile Daniell se compose de quatre parties (*fig. 256*) :

1° Un vase en verre A ;

2° Un cylindre creux en zinc B terminé par une lame en cuivre C ;

3° Un vase en porcelaine poreuse D ;

4° Une tige de cuivre E, à laquelle est soudé un diaphragme percé de trous F.

Le vase en verre est rempli d'eau pure dans laquelle plonge le cylindre en zinc

tels que les stations de chemin de fer, les bureaux télégraphiques des forts, etc.

466. Pile Callaud. — Chaque élément de la pile Callaud comprend un vase en verre au bord duquel on suspend par trois crochets, un cylindre de zinc d'une hauteur quatre fois moindre (*fig. 257*).

Le pôle positif est constitué par une spirale de cuivre placée au fond du vase et fixée à un fil de même métal recouvert de gutta-percha.

On remplit d'eau l'élément, de façon que le liquide baigne le zinc sur une

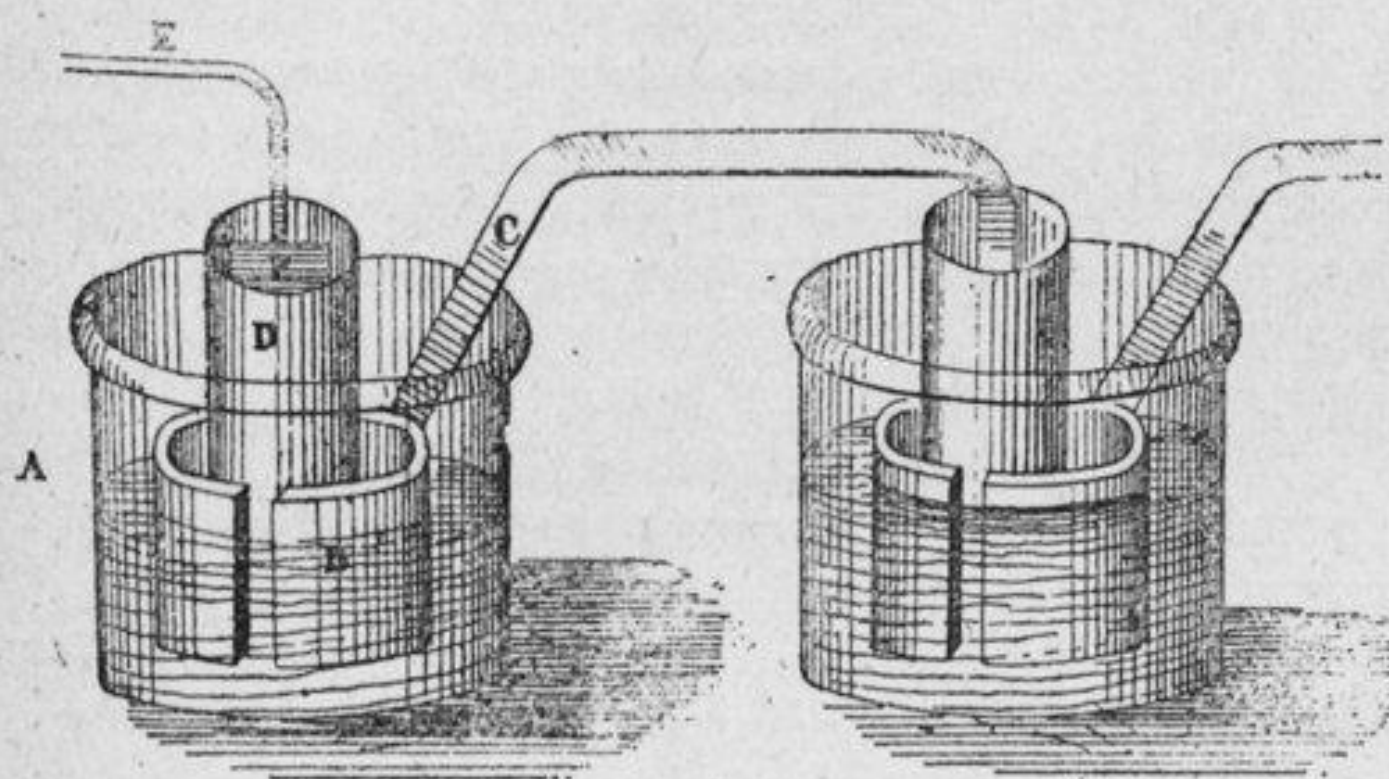


Fig. 256.

B, ainsi que le vase poreux D; ce dernier contient une solution concentrée de sulfate de cuivre.

Le pôle positif de chaque élément est constitué par la tige de cuivre E du vase en porcelaine et le pôle négatif par la lame de cuivre C qui termine le cylindre en zinc. Afin de donner plus de force au courant, on réunit plusieurs éléments en faisant plonger la lame du cylindre de cuivre dans le vase poreux de l'élément suivant. (Voir *fig. ci-dessus*.)

Cette pile, quoique simple n'est pas employée dans la télégraphie de campagne, parce qu'elle est trop volumineuse, et parce que les liquides qu'elle contient la rendent difficilement transportable.

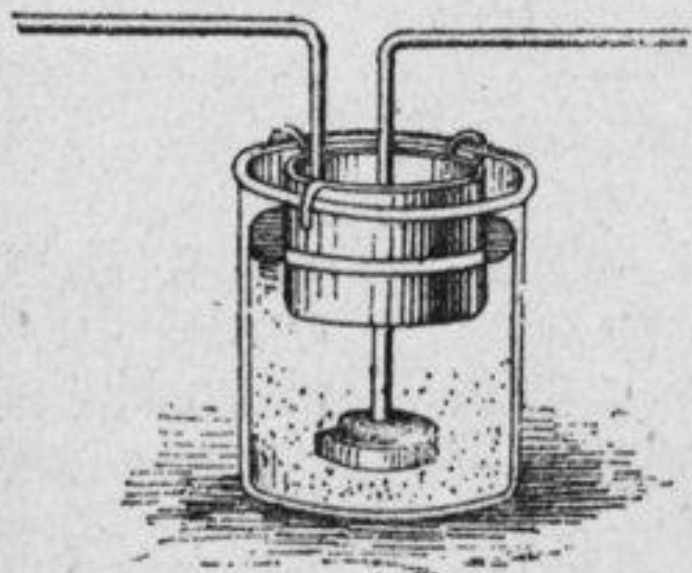


Fig. 257.

Toutefois elle peut être employée avantageusement dans les postes fixes,

petite hauteur, et on dépose au fond des cristaux de sulfate de cuivre.

La dissolution reste concentrée à la partie inférieure et n'arrive que très lentement au niveau du zinc. Il se forme peu à peu autour de celui-ci une dissolution de sulfate de zinc qui reste bien séparée de la solution de sulfate de cuivre, par suite de la différence de densité des liquides.

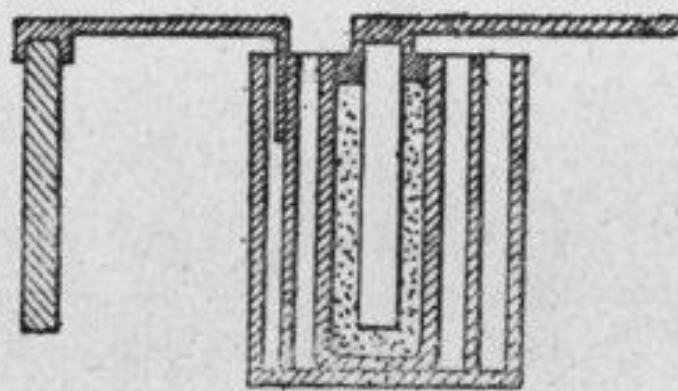


Fig. 258.

Cette pile n'est, en définitive, qu'une modification de la pile Daniell; elle n'est pas employée dans la télégraphie de campagne pour les mêmes raisons que cette dernière.

467. Pile Marié-Davy. — Cette pile ne diffère de la pile Daniell qu'en ce que la solution de sulfate de cuivre est remplacée par une pâte de sulfate d'oxydure de mercure délayée dans de l'eau, et que le pôle positif de chaque élément est constitué par un prisme de charbon de cornue plongé dans cette pâte (*fig. 258*).

Les éléments Marié-Davy ont une force électro-motrice beaucoup plus considérable que ceux de la pile Daniell, ce qui a permis de les faire beaucoup plus petits.

Pour faciliter le transport de cette pile, les éléments, au nombre de dix, sont enfermés dans une boîte en bois munie de compartiments pour chaque élément; des tampons de liège assujettissent en outre les différentes parties et empêchent les ballottements et les dislocations pendant les transports.

La pile Marié-Davy, adoptée d'abord pour la télégraphie de campagne, à cause de son petit volume et de la facilité de son entretien, qui consiste simplement à remplacer l'eau perdue par évaporation, a été abandonnée depuis quelque temps, à cause de l'oxydure de mercure, qui est une substance chère et difficile à manier.

468. Pile Leclanché.— La pile nouveau modèle adoptée dans la télégraphie de campagne est la pile Leclanché. Elle se compose de dix éléments réunis et calés par des tampons de feutre, dans des boîtes en bois divisées en compartiments.

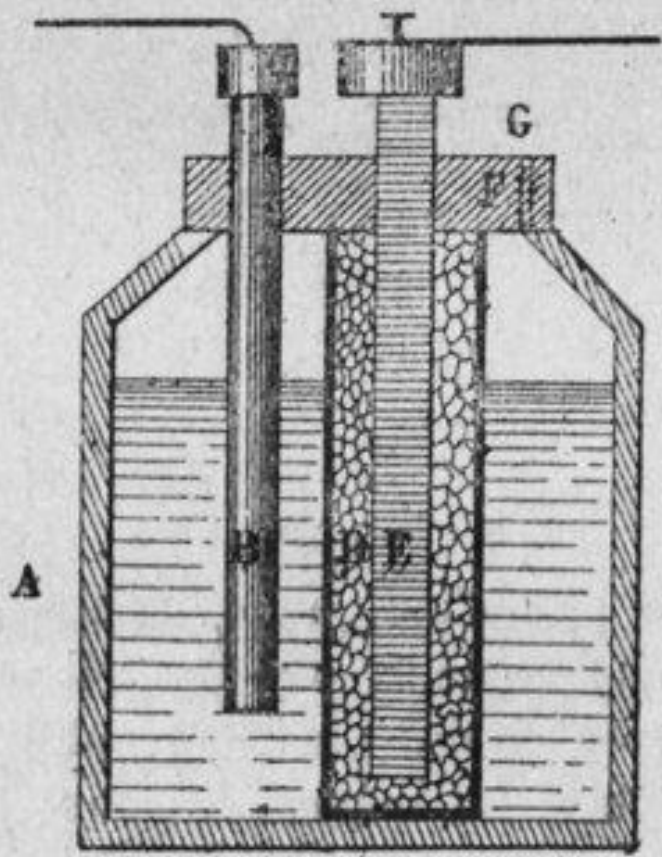


Fig. 259.

Chaque élément est composé de la manière suivante (fig. 259):

1° Un vase extérieur A en ébonite (1)

(1) L'ébonite est une substance isolante très dure, que l'on obtient en chauffant sous une pression de plusieurs atmosphères un mélange de soufre et de caoutchouc.

contenant une dissolution de sel ammoniac;

2° Un bâton de zinc amalgamé B plongeant dans cette solution;

3° Un vase poreux D contenant un mélange de peroxyde de manganèse et de charbon de cornue pilé, auquel on ajoute une faible quantité de sel ammoniac pour activer la mise en train de la pile;

4° Un prisme de charbon E terminé par une tige de cuivre.

Une plaque en ébonite F ferme le vase extérieur et assujettit le bâton de zinc, ainsi que le vase poreux; elle est percée d'une tubulure G pour renouveler l'eau du vase extérieur.

L'entretien de la pile Leclanché est très simple; il suffit d'ajouter de l'eau de temps en temps et d'y mettre, tous les six mois environ, une nouvelle quantité de sel ammoniac, qu'on peut au besoin remplacer par du sel de cuisine; il en résulte seulement une diminution dans l'énergie de la pile.

2° Conducteurs.

469. Fil de ligne.— Nous avons exposé au chapitre précédent que, pour établir la communication par la télégraphie électrique entre deux postes, munis chacun d'une pile, il faut les relier par un fil nu ou un câble métallique isolé, allant d'une station à l'autre. Ce conducteur est appelé fil de ligne; le circuit est fermé généralement au moyen de la terre, mais dans quelques cas particuliers, très rares, on fait usage d'un second fil appelé *fil de retour*.

Le fil de ligne peut être suspendu en l'air, dans ce cas, la ligne est dit *aérienne*; il peut aussi être placé simplement sur le sol et alors la ligne porte le nom de *ligne rampante*; il peut encore être enterré dans le sol et dans ce cas la ligne est appelée *souterraine*; enfin, il peut être disposé au fond de la mer et former alors une *ligne sous-marine*.

470. Lignes aériennes. — Le conducteur peut être en fil nu ou en câble, mais on emploie de préférence le fil nu en l'isolant sous ses supports.

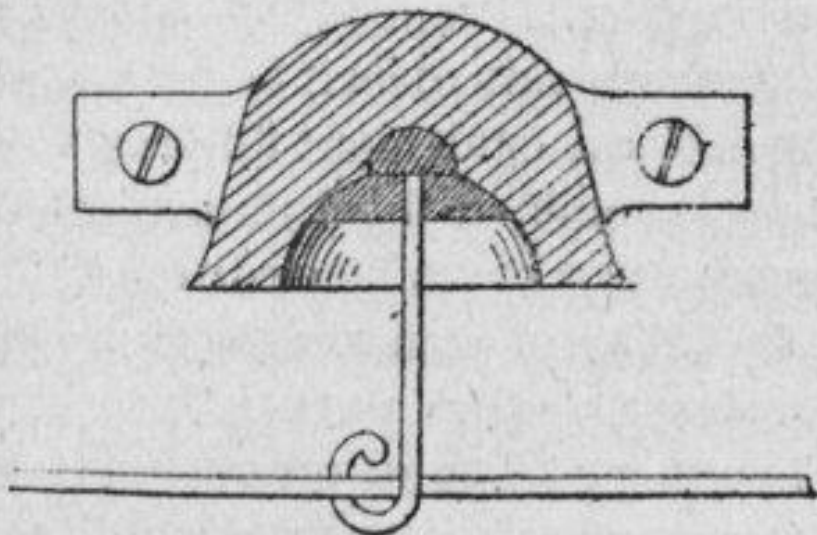


Fig. 260.

Les lignes aériennes se composent généralement d'un fil galvanisé de 3 ou 4 millimètres de diamètre, soutenu à chaque distance de 75 à 100 mètres, ainsi qu'à chaque changement de direction, par des poteaux verticaux en bois de 6 mètres à 7^m,50 de hauteur, sur 0^m,12 à 0^m,18 de diamètre à la base, enfoncés de 1 mètre environ dans le sol.

Mais comme le bois devient lui-même, par les temps humides, assez conducteur pour détourner un courant, on suspend le fil ou on l'enroule à des appareils en porcelaine, en verre ou en caoutchouc appelés *isolateurs*.

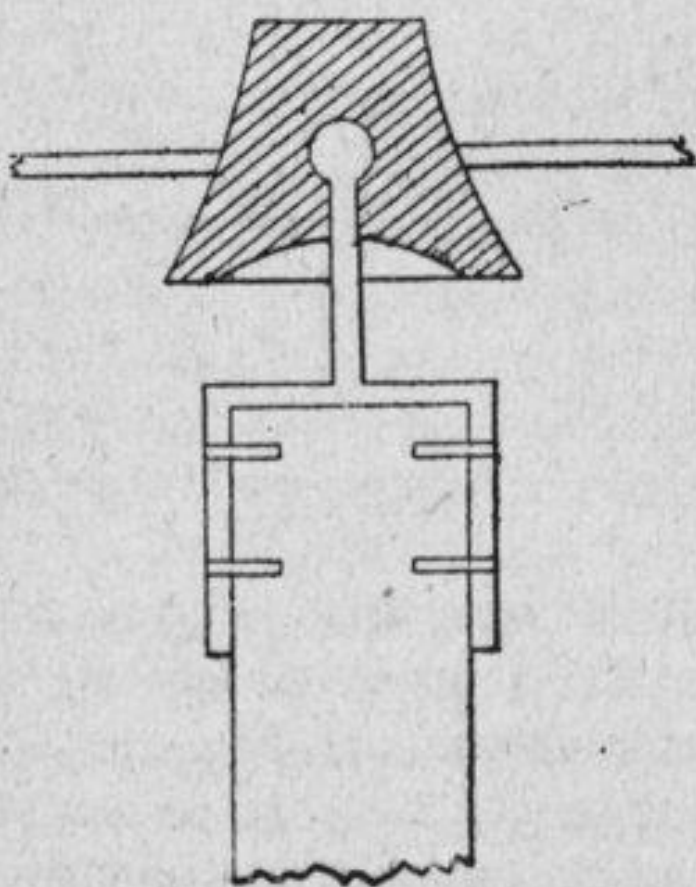


Fig. 261.

Les isolateurs sont fixés, à l'aide de vis à bois, à la partie supérieure du

poteau, comme l'indique la figure 260.

On emploie, pour la télégraphie militaire, du fil de fer de deux millimètres et du fil d'acier de 1 mill. 7 pouvant être tendu à bras pour des lignes provisoires, ne dépassant pas 50 à 60 kilomètres. Ce fil repose, par l'intermédiaire d'isolateurs en caoutchouc vulcanisé, sur des petits potelets de 4 à 6 mètres de hauteur en bois ou en fer creux, et espacés de 50 à 60 mètres (fig. 261).

Le poids du fil de 2 millimètres est de 25 kilog. par kilomètre.

471. Lignes rampantes. — Le conducteur est un câble métallique recouvert d'une enveloppe isolante qui repose sur le sol. Des crochets le maintiennent de



Fig. 262.

distance en distance et lui font suivre toutes sinuosités du terrain (fig. 262).

Les câbles sont généralement formés de plusieurs fils métalliques tordus ensemble, ce qui procure l'avantage de maintenir la circulation des courants, alors même que l'un d'eux viendrait à se rompre.

Le câble se prête mieux que le fil nu aux circonstances variées de la guerre, grâce à la rapidité plus grande que son emploi permet d'obtenir dans la construction et le relèvement des lignes, et parce que le matériel qu'il nécessite est moins encombrant.

Le câble adopté avec le matériel modèle 1874, est formé d'une anse consistant en 7 fils de cuivre tressés de 0 mill. 4 de diamètre, d'une enveloppe de gutta-percha et d'une deuxième enveloppe isolante et protectrice, en filin tressé et goudronné. Il pèse 28 kilog. par kilomètre. Son diamètre

total est de 4 mill. 5 ; il résiste à un effort de traction de 85 kilog.

On peut l'établir en ligne rampante toutes les fois qu'il ne courra pas le risque d'être détérioré par les pieds des chevaux et par le passage des voitures ; ainsi, par exemple, dans le fond des fossés des routes, sur un sol nouveau gazonné, etc. En dehors de ces circonstances, il faut l'élever au-dessus du sol, soit au moyen des appuis naturels qu'on rencontre, soit à l'aide d'appuis artificiels, créés à l'aide du matériel dont on dispose.

472. Lignes souterraines. — En campagne, ces lignes souterraines se construisent en plaçant le câble au fond de la tranchée que l'on recomble ensuite. Ces lignes sont employées pour traverser des routes et partout où l'on veut les dissimuler.

On a construit aussi dès le temps de paix, en France et en Allemagne, mais surtout dans ce dernier pays, un certain nombre de voies souterraines, destinées à remplacer les lignes aériennes.

Il est certain que, en se plaçant uniquement au point de vue de la guerre, les lignes souterraines ont l'avantage d'être plus difficiles à intercepter ; mais elles ont l'inconvénient de coûter beaucoup plus cher que les lignes aériennes, et l'on prétend qu'elles ont une déperdition considérable, à cause des courants d'induction qui se produisent dans les fils voisins. Toutefois, ce n'est qu'après un certain temps de fonctionnement que l'on pourra se prononcer d'une manière définitive sur la valeur de ces lignes.



Fig. 263.

Le câble employé est plus gros et plus fort que celui de campagne. Il se compose de 7 fils de cuivre entourés d'une enve-

loppe isolante en gutta-percha : l'ensemble est protégé par une armature en fil de fer (fig. 263).

473. Lignes sous-marines. — Le câble employé est beaucoup plus fort que le câble souterrain, décrit ci-dessus : sa constitution est également différente, car on conçoit combien il est important d'éviter les ruptures et les déperditions.

Ce câble est immergé au fond de la mer par des procédés particuliers dont nous n'avons pas à nous occuper ici, attendu que ce genre de ligne ne constitue pas à proprement parler des lignes militaires.

3° Appareils de transmission et de réception.

474. Appareil Morse (modèle 1868). — L'appareil de télégraphie militaire est du système Morse ; il est basé sur le principe du mouvement oscillatoire produit par un électro-aimant sur une barre de fer doux fixée à un levier, principe que nous avons exposé au chapitre 1^{er}.

Les principaux organes de l'appareil Morse sont : le manipulateur, le récepteur, le galvanomètre, les paratonnerres, les commutateurs et la sonnerie.

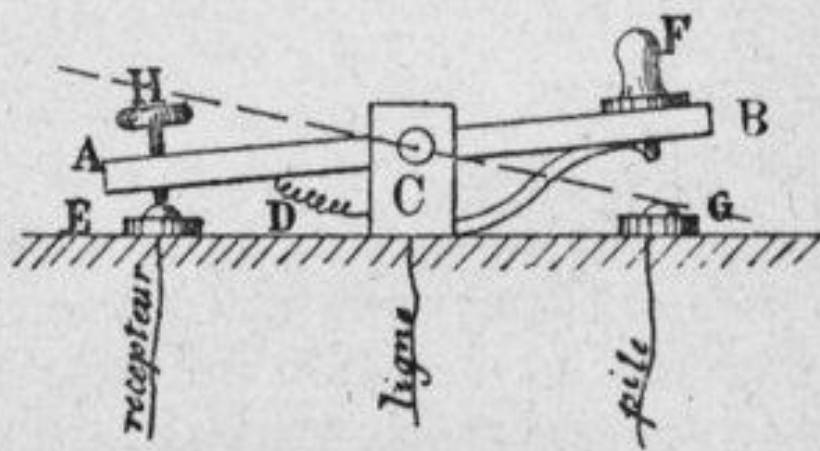


Fig. 264.

475. Manipulateur. — Le manipulateur est destiné à produire les interruptions et les rétablissements du courant au poste expéditeur (fig. 264). Il se compose d'un levier en laiton AB, mobile autour d'un axe C, et qu'un ressort D maintient en communication avec un butoir E, appelé butoir de repos. Une pesée, exercée sur la poignée F, peut le lui faire abandonner

pour le butoir G dit butoir de contact. Celui-ci se trouve en communication avec l'un des pôles de la pile et l'axe du manipulateur avec le fil de ligne.

Dans la position de repos, le courant est interrompu, tandis que, dès que le levier se trouve en contact avec le butoir G, le circuit et les deux pôles de la pile se trouvent reliés par le manipulateur, le fil de ligne, l'électro-aimant du récepteur de la station d'arrivée et la terre.

L'amplitude des oscillations du levier se règle à l'aide de la vis H.

476. Récepteur. — Le récepteur Morse se compose essentiellement (fig. 265) :

- 1° D'un électro-aimant A ;
- 2° D'une palette-levier B ;
- 3° D'un mécanisme d'impression et de déroulement de la bande ;
- 4° D'un mouvement d'horlogerie.

L'électro-aimant A se compose de deux bobines creuses, entourées d'un fil de cuivre très mince, isolé par un fil de soie. Dans l'intérieur de chaque bobine se trouve un cylindre de fer doux, les deux cylindres sont réunis à leur base par une plaque horizontale également en fer doux. Au-dessus de l'électro-aimant se trouve l'armature C, également en fer doux ; elle est fixée à un levier oscillant autour d'un axe B, entre deux vis-butoirs D, E, qui

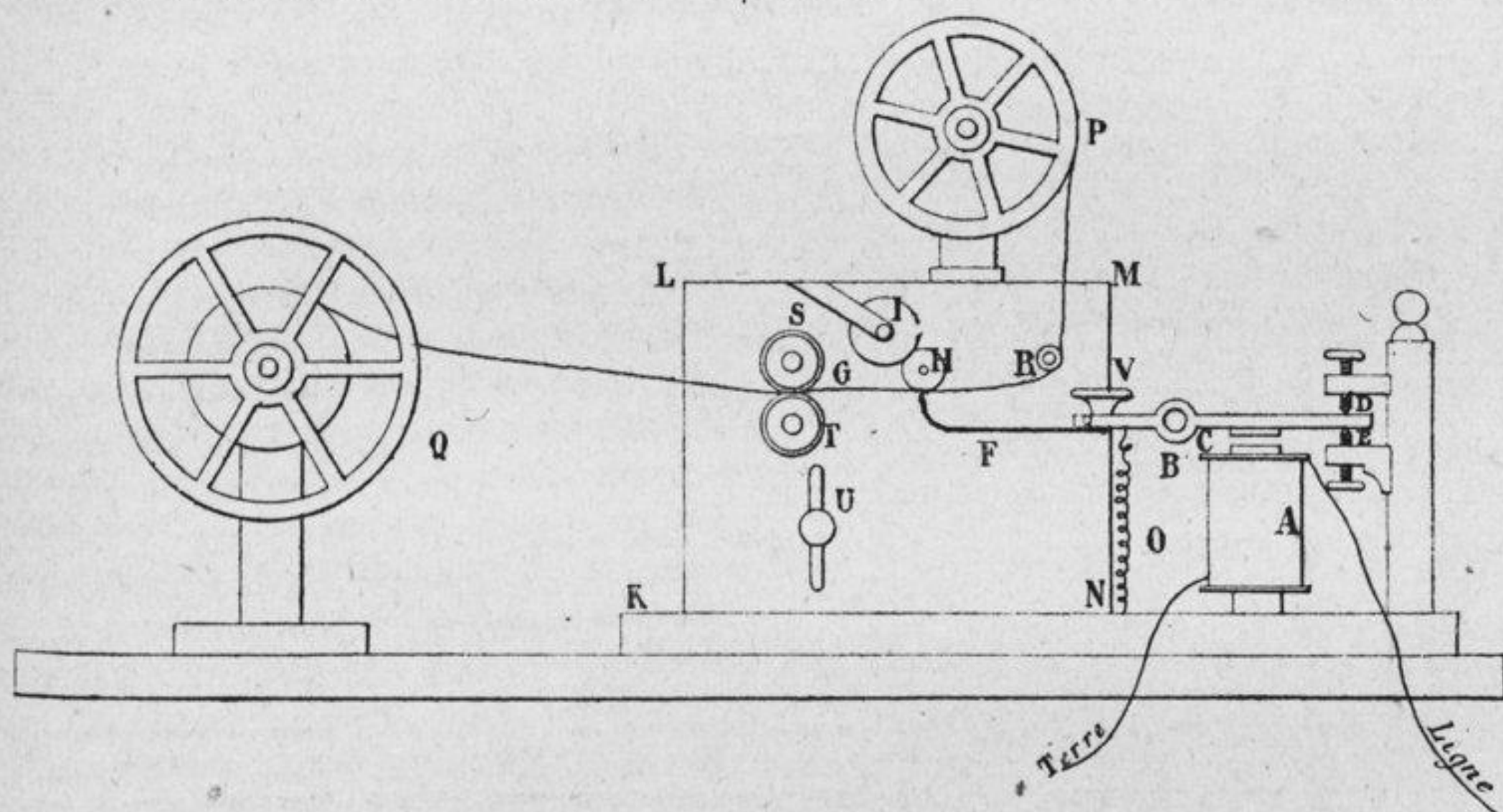


Fig. 265.

imitent sa course en haut et en bas. A l'extrémité de ce levier, se trouve une lame de ressort F qui, dès que l'attraction a lieu, soulève une bande de papier G et la tient appliquée contre une molette H.

La molette, en tournant, entraîne, à l'aide d'un engrenage à lanterne, un tampon I, imprégné d'encre grasse qui la mouille constamment. Un ressort O, dit ressort antagoniste, ramène l'armature au repos, dès que l'attraction cesse.

La bande de papier est animée d'un mouvement de translation, grâce à un

mécanisme d'horlogerie contenu dans une boîte KLMN, et la molette trace sur elle une ligne plus ou moins longue suivant la durée de l'attraction, c'est-à-dire du passage du courant dans l'électro-aimant.

La bande est portée par un dévidoir P et le galet R ; elle s'engage entre le couteau F et la molette H, puis elle est entraînée par un petit laminoir ST, qui reçoit son mouvement de rotation du mécanisme d'horlogerie ; enfin elle va s'enrouler sur le rouet Q, que l'on fait tourner à la main.

DIFFÉRENTS SIGNAUX EN USAGE DANS LE TÉLÉGRAPHE MORSE.

1^o Alphabet.

<i>a</i> — — —	<i>j</i> — — — — —	<i>l</i> — — —
<i>æ</i> — — — — —	<i>k</i> — — — — —	<i>u</i> — — — — —
<i>b</i> — — — — —	<i>l</i> — — — — —	<i>û</i> — — — — —
<i>c</i> — — — — —	<i>m</i> — — — — —	<i>v</i> — — — — —
<i>d</i> — — — — —	<i>n</i> — — — — —	<i>w</i> — — — — —
<i>e</i> — — — — —	<i>o</i> — — — — —	<i>x</i> — — — — —
<i>ê</i> — — — — —	<i>ô</i> — — — — —	<i>y</i> — — — — —
<i>f</i> — — — — —	<i>p</i> — — — — —	<i>z</i> — — — — —
<i>g</i> — — — — —	<i>q</i> — — — — —	<i>ch</i> — — — — —
<i>h</i> — — — — —	<i>r</i> — — — — —	
<i>i</i> — — — — —	<i>s</i> — — — — —	

2^o Chiffres

<i>1</i> — — — — —	<i>5</i> — — — — —	<i>9</i> — — — — —
<i>2</i> — — — — —	<i>6</i> — — — — —	<i>0</i> — — — — —
<i>3</i> — — — — —	<i>7</i> — — — — —	
<i>4</i> — — — — —	<i>8</i> — — — — —	

3^o Ponctuation.

Point . — — — — —	Point . — — — — —	Parenthèse () — — — — —
Point virgule , — — — — —	Point ! — — — — —	Souligné — — — — —
Virgule , — — — — —	Trait - — — — —	Guillemets « » — — — — —
Deux points : — — — — —	Apostrophe ' — — — — —	
Point ? — — — — —	Barre de % — — — — —	
interrogatif	division	

4^o Signaux réglementaires

Indicatif de dépêches — — — — —	Pas compris — — — — —
Réception ou compris. — — — — —	Final — — — — —
? ou répétition — — — — —	Attente — — — — —

5^o Indications générales

Indication d'une dépêche officielle SD (Service d'Etat). Indication d'une dépêche de service télégraphique AD
 ——— id ——— chiffrée SD chiffrée. ——— id ——— pressée PD
 (le mot chiffrée en toutes lettres).

Le mécanisme d'horlogerie se remonte au moyen d'une clef U.

D'après ce qui vient d'être exposé, on voit que, si l'une des extrémités du fil de l'électro-aimant est en communication avec le fil de la ligne et l'autre avec la terre, à chaque pesée faite sur le manipulateur du poste expéditeur correspondra une attraction de l'armature du poste récepteur, attraction dont la durée sera la même que celle de la pesée. On pourra donc, en appuyant plus ou moins longtemps sur le manipulateur, imprimer sur la bande de papier du récepteur des traits courts ou points et des traits longs qui, combinés entre eux, formeront l'alphabet Morse en usage dans la télégraphie militaire, aussi bien que dans la télégraphie civile.

477. Alphabet Morse.— Nous donnons, page 236, les différents signaux en usage dans le télégraphe Morse.

Dans une écriture correcte, le point a une longueur égale environ au tiers de la longueur du trait ; les intervalles entre les signes qui demandent encore plus de soin que les signes eux-mêmes, satisfont autant que possible aux conditions suivantes :

L'intervalle entre les signes d'une même lettre doit être égal à la longueur du point.

L'intervalle entre une lettre et la suivante dans un même mot doit être égal à la longueur du trait.

L'intervalle entre deux mots doit être au minimum égal à deux traits.

L'appareil Morse présente les avantages d'être simple, de conserver la trace écrite des dépêches et d'être d'un usage général dans la télégraphie civile.

478. Organes accessoires.— Les principaux organes accessoires, sont :

- Le galvanomètre ;
- Les paratonnerres ;
- Les commutateurs ;
- La sonnerie ;
- Le parleur.

479. Galvanomètre.— Le galvanomètre indique le passage d'un courant et son degré d'intensité. Il joue, dans la télégraphie, le rôle d'organe de contrôle des courants. Il est basé sur le principe, que nous avons énoncé au chapitre premier, de la déviation produite par les courants sur l'aiguille aimantée (*fig. 266*).

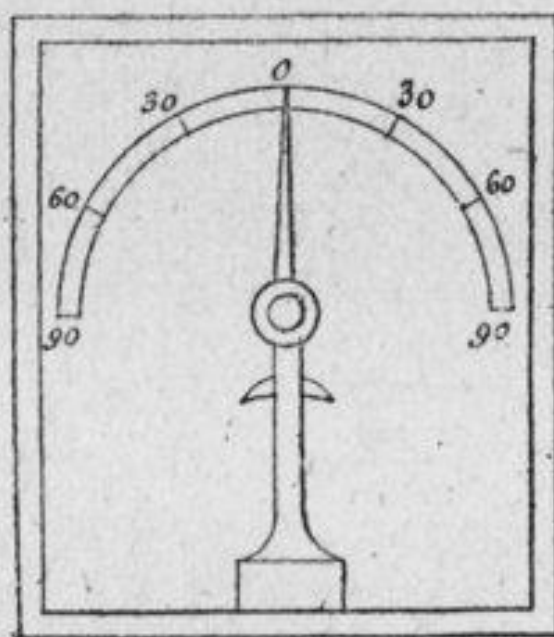


Fig. 266.

480. Paratonnerres.— Il existe trois espèces de paratonnerres en usage dans la télégraphie militaire, le paratonnerre à pointes, le paratonnerre à fil préservateur et le paratonnerre à stries.

481. Le paratonnerre à pointes est basé sur le pouvoir des pointes (*fig. 267*). Il se compose de deux plaques rapprochées par deux faces à plusieurs pointes. Une des

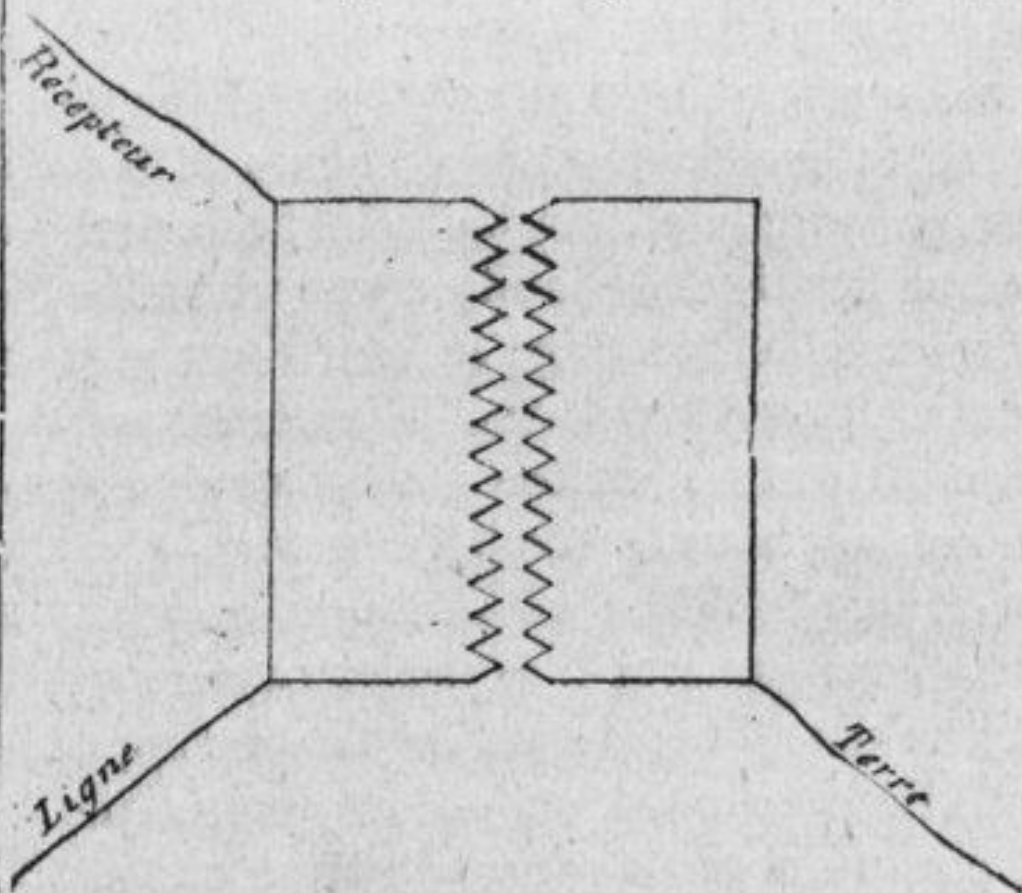


Fig. 267.

plaques communique avec la ligne, l'autre avec la terre. La décharge des courants atmosphériques se fait par les pointes.

Ce paratonnerre sert spécialement à préserver l'opérateur contre les effets de la foudre.

482. *Le paratonnerre à fil préservateur* est basé sur la propriété que possèdent les courants à forte tension, comme ceux qui peuvent traverser les appareils dans les grands orages, d'échauffer un fil conducteur extrêmement fin (*fig. 268*).

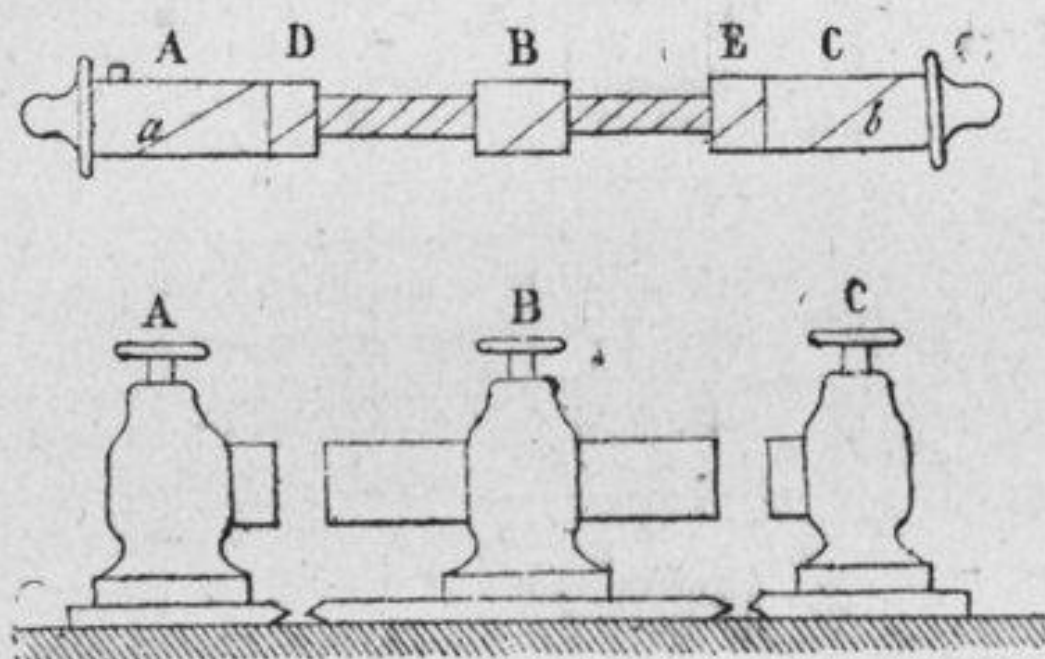


Fig. 268.

Ce paratonnerre consiste en un petit cylindre formé de trois rondelles métalliques ABC, séparées par deux autres rondelles isolantes DE (*fig. 268*). Un fil de cuivre *a b* isolé et enroulé en hélice sur le cylindre met en communication A et C. Cette partie du conducteur est introduite dans le circuit de la ligne.

S'il arrive qu'un courant atmosphérique d'une intensité anormale vienne à traverser la ligne et par suite le fil de cuivre, ce dernier s'échauffera jusqu'à brûler la soie qui le recouvre et à se trouver en contact métallique avec la rondelle médiane B, cette dernière est constamment en contact avec le sol; elle servira donc de circuit de décharge au fluide orageux.

Le paratonnerre à fil préservateur sert spécialement à préserver les fils de l'appareil. Il est employé en même temps que le paratonnerre à pointes, et fixé comme lui sur la tablette de l'appareil.

483. *Le paratonnerre à stries* se compose de deux plateaux métalliques A et B (*fig. 269*) à arêtes saillantes longitudinales, placées de façon que ces arêtes se croisent

et donnent à chaque croisement l'équivalent de deux pointes en regard l'une de l'autre. Le plateau B est fixé et commu-

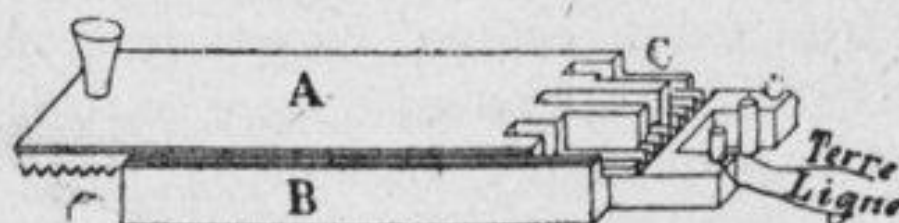


Fig. 269

nique avec la ligne, le plateau A est mobile et communique avec la terre. La distance entre les arêtes des stries des deux plaques est d'environ un demi-millimètre. La plaque mobile A est susceptible de coulisser sur la plaque fixe B, dont elle est isolée au moyen de deux coulisses C, en ébonite : elle peut prendre, dans l'appareil Mod. 1874, trois positions différentes. Dans la première, la plaque A est retirée en arrière de la plaque B de près de moitié, c'est-à-dire que la réception se fait sans paratonnerre. C'est le cas lorsque le temps est beau. Dans la deuxième position, la plaque A est plus fermée et en communication avec la ligne de terre; la réception se fait alors avec paratonnerre. C'est le cas lorsque le temps est un peu orageux. Dans la troisième position, les deux plaques se recouvrent exactement, et toute la ligne est en communication avec la terre, c'est-à-dire que la réception est interrompue. C'est le cas, pendant les orages violents, pour préserver les appareils.

484. *Commutateurs.*— Le commutateur est un organe qui sert à faire aboutir le courant à divers appareils, tels que le récepteur ou la sonnerie, ou à le diriger dans des directions variables, dans le cas où plusieurs lignes viennent aboutir à un même poste.

Les commutateurs le plus généralement employés sont : le commutateur rond, le commutateur bavarois et le commutateur suisse.

485. *Le commutateur rond* (*fig. 270*) se compose d'un ressort R, manœuvré à

l'aide d'une manette M, au-dessus d'un socle isolant. L'axe A est en communication avec une borne à laquelle est fixée le fil de la ligne L, tandis que le ressort R peut être porté sur les touches ABC, etc., reliées à autant d'appareils différents.



Fig. 270.

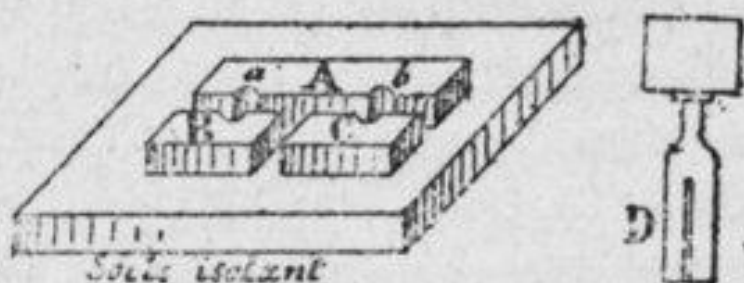


Fig. 271.

486. Le commutateur bavarois (fig. 271) consiste en un ensemble de blocs métalliques ABC, disposés sur un socle isolant. Des échancrures *a*, *b*, destinées à recevoir une cheville métallique D, permettent de mettre à volonté en communication les blocs A et B, A et C, etc., et, par suite, les fils attachés à ces blocs. La cheville porte une fente qui permet de la fixer à frottement.

487. Le commutateur suisse (fig. 272) sert à faire arriver les fils d'un certain nombre de lignes différentes ABCD, etc.

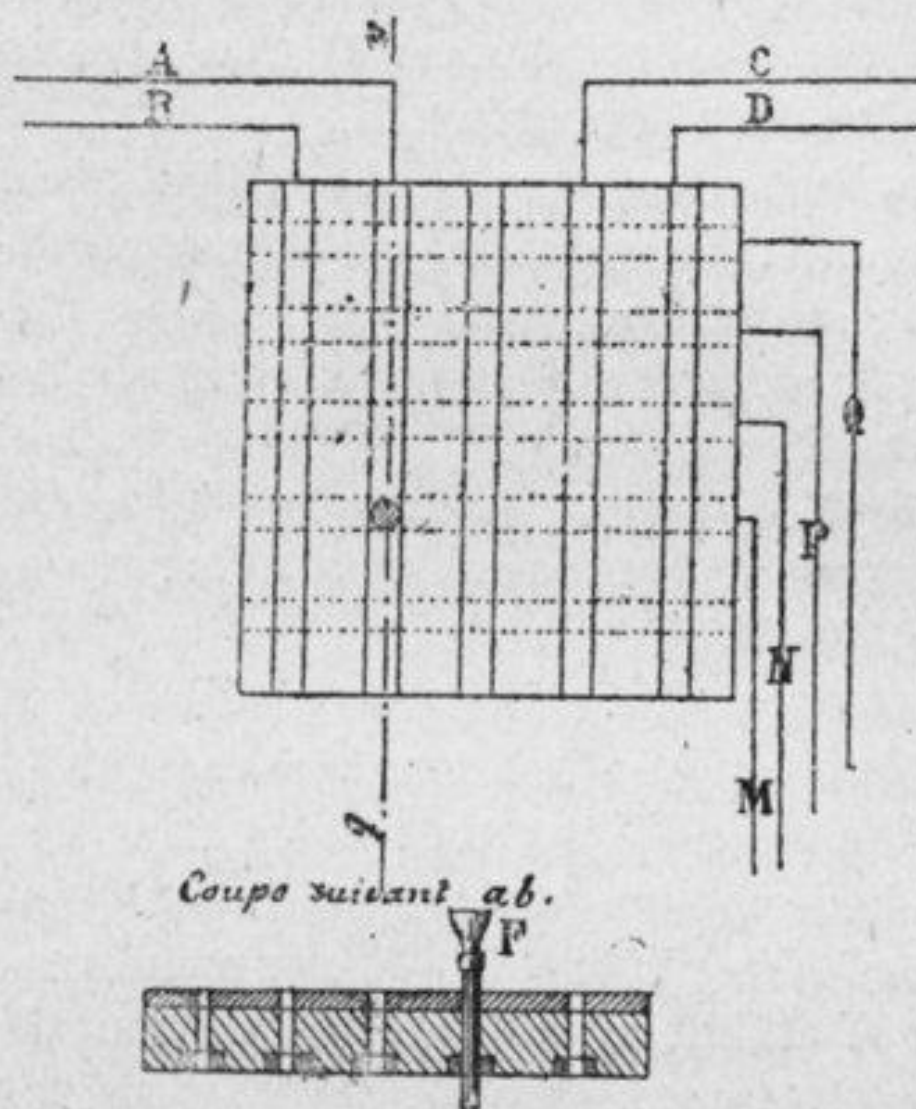


Fig. 272.

indistinctement à un certain nombre d'appareils MNPQ, etc., qui se trouvent dans un même poste.

Pour cela, les lames supérieures ABCD, communiquant respectivement avec les

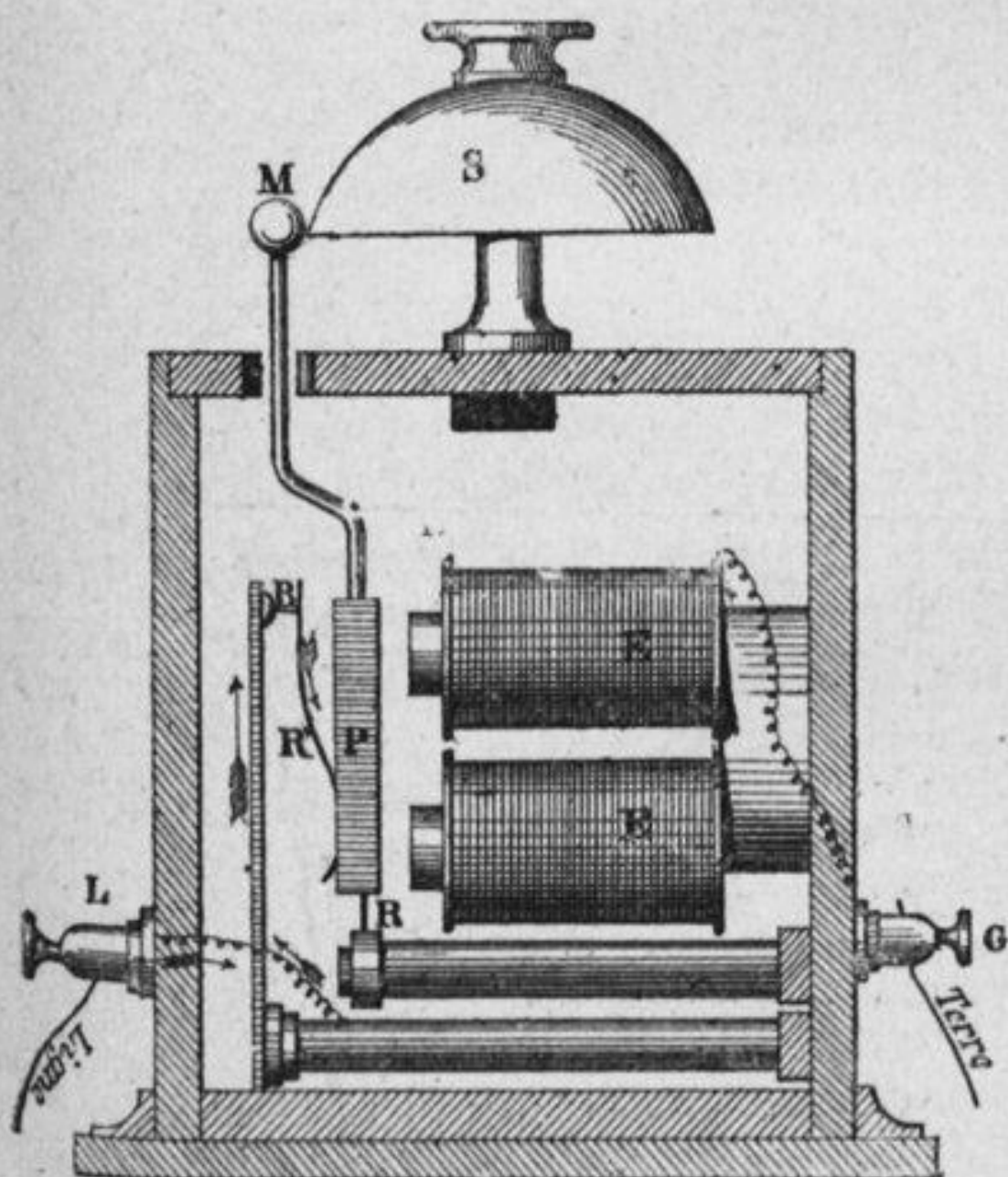


Fig. 273.

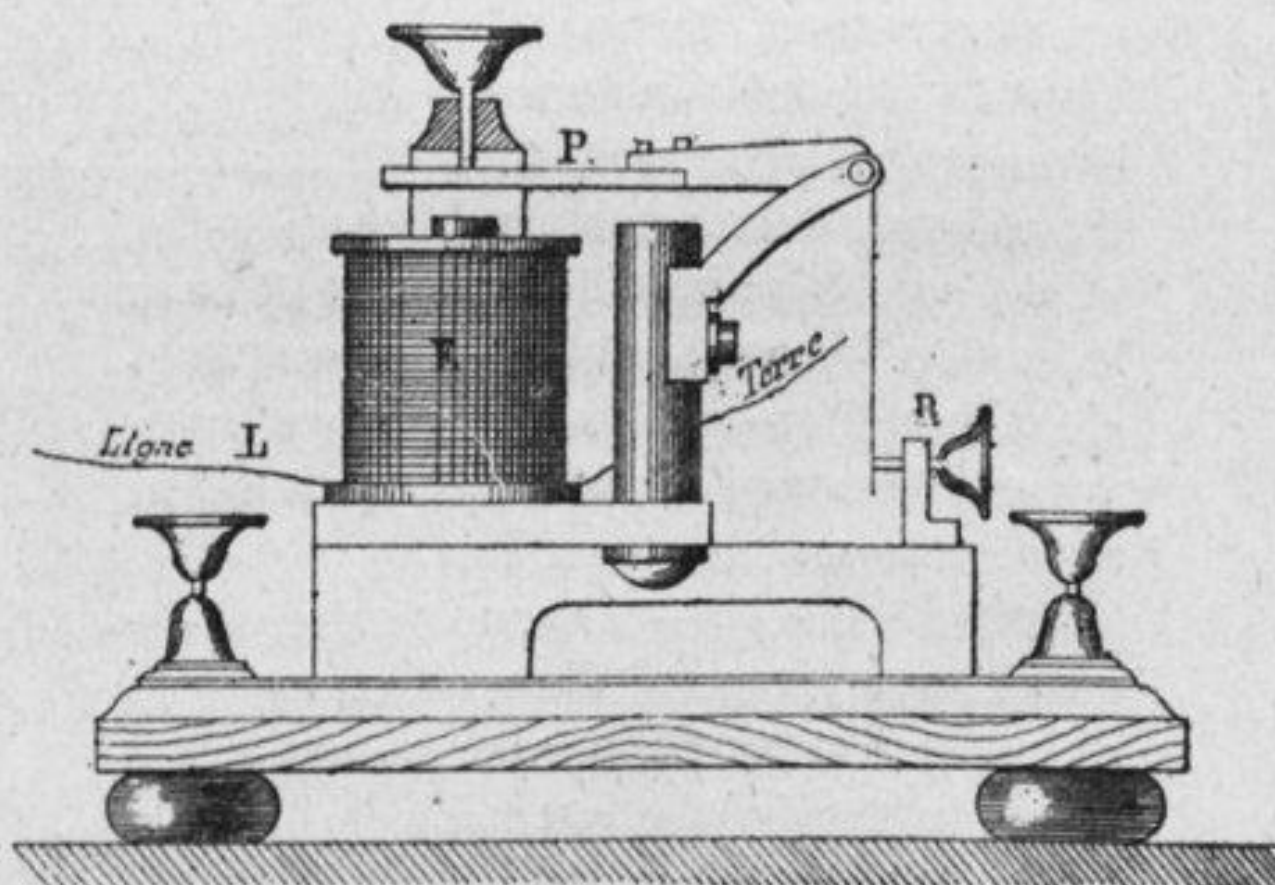


Fig. 274.

lignes de même lettre, sont isolées des lames métalliques MNPQ communiquant respectivement avec les appareils de même lettre par une plaque isolante en bois. Des trous, traversant de part en part les lames et la plaque, permettent

d'établir, à l'aide de fiches **F**, la communication entre les lames supérieures et les lames inférieures.

Soit, par exemple, à faire communiquer la ligne **B** avec l'appareil **Q** ; on placera la fiche dans l'ouverture **F**.

La lame supérieure *a*, du milieu, et la lame inférieure *b*, n'ont pas de communication électrique ; elles sont néanmoins percées de trous destinés à recevoir les fiches disponibles.

488. Sonnerie. — La sonnerie sert à prévenir le poste des appels du correspondant (*fig. 273*).

Cet appareil consiste essentiellement en un électro-aimant **EE**, muni d'une palette **P**, fixée d'un côté par un ressort **R** et terminée de l'autre par un marteau **M**, en regard d'un timbre **S**. — Un second ressort **R'** établit un contact intermittent de la palette avec le bouton **B**

Dès que l'appareil est introduit dans le circuit de la ligne. Du côté de la ligne par la borne **L**, le bouton **B**, la palette, etc., et du côté de la terre par le fil de l'électro-aimant, il s'établit au passage de chaque courant un mouvement de va-et-vient de la palette, alternativement attirée par l'électro-aimant, puis ramenée par le ressort **R**, dès que le contact du ressort **R** avec le bouton **B** a cessé. De là un mouvement identique du marteau sur le timbre, mouvement très rapide qui a fait donner à cet appareil le nom de *trembleur*.

489. Parleur. — Chaque poste est généralement pourvu d'un petit appareil complémentaire appelé *parleur*, qui sert à recevoir les dépêches au son.

C'est un électro-aimant **E** (*fig. 274*) monté sur une boîte sonore ; introduit dans la ligne **L**, il fonctionne comme un récepteur ordinaire, moins l'impression sur la bande de papier qui est supprimée. Le télégraphiste doit savoir le sens de la dépêche au

simple tic-tac de la palette-levier **P**, ce à quoi on arrive très bien au bout de quelque temps de pratique. **R** est un ressort antagoniste servant à ramener la palette contre le butoir supérieur après le passage du courant.

Les deux appareils de télégraphie électrique utilisés dans l'armée française sont : l'appareil modèle 1868 et l'appareil modèle 1874.

Nous donnons ci-après les plans d'ensemble de ces deux appareils, avec les légendes correspondantes :

490. APPAREILS DE TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE EN USAGE DANS L'ARMÉE FRANÇAISE.

— Appareil modèle 1868 —

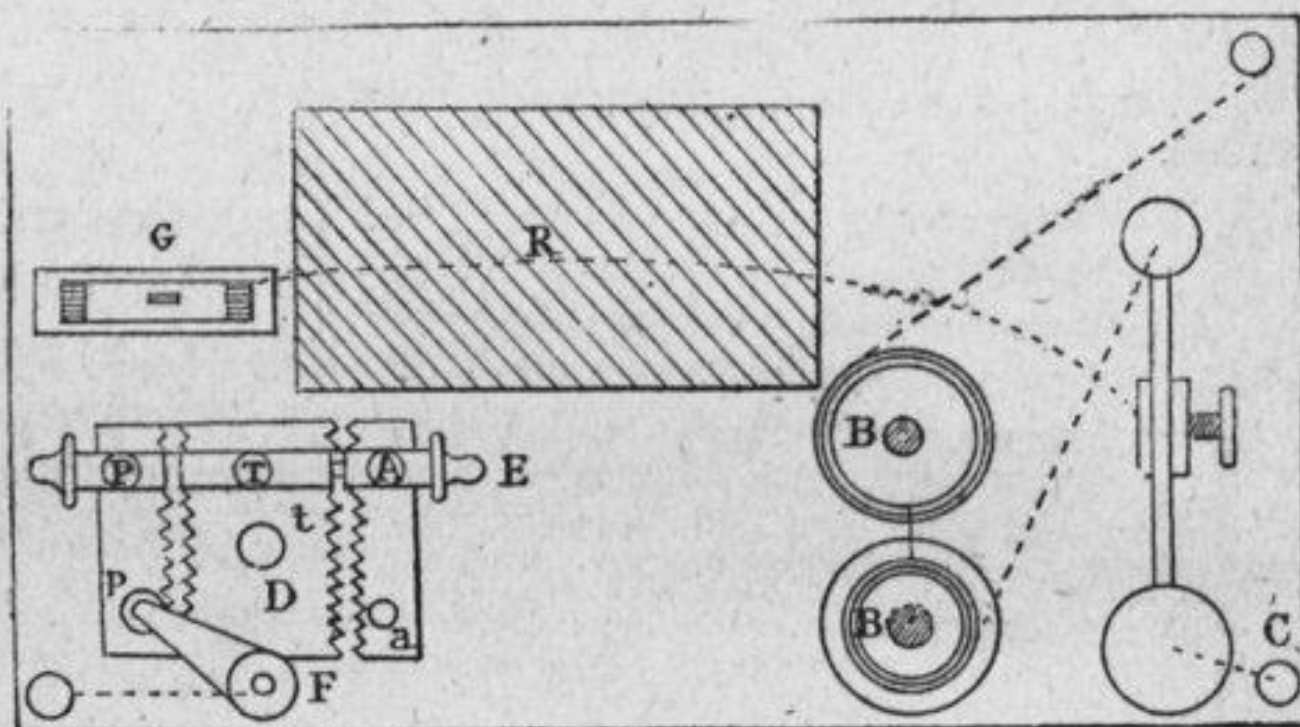


Fig. 275.

LÉGENDE

R	Récepteur.
B	Électro-aimant.
C	Manipulateur.
D	Paratonnerre à pointes.
E	Paratonnerre à fil préservateur.
F	Commutateur rond.
G	Galvanomètre.
L	Borne communiquant avec la ligne.
Pp	Borne communiquant avec la pile.
Tt	Borne communiquant avec la terre.
Aa	Borne communiquant avec le récepteur.

— Appareil modèle 1874 —

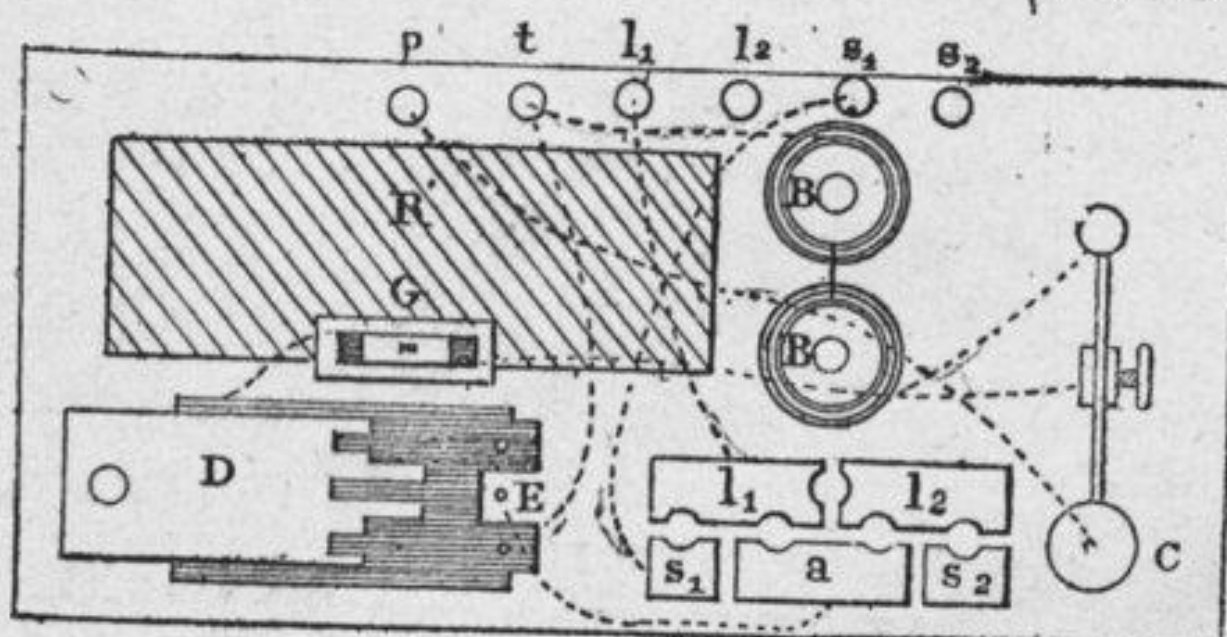


Fig. 276.

LÉGENDE

- | | |
|----------------|--|
| R | Récepteur. |
| B | Électro-aimant. |
| C | Manipulateur. |
| D | Paratonnerre à stries. |
| E | Commutateur bavarois. |
| G | Galvanomètre. |
| p | Bornes communiquant avec la pile. |
| t | Bornes et masses métalliques communiquant avec la terre. |
| a | Borne communiquant avec l'appareil. |
| l ₁ | Borne communiquant avec la ligne l ₁ . |
| l ₂ | Borne communiquant avec la ligne l ₂ . |
| s ₁ | Borne communiquant avec la sonnerie de la ligne l ₁ . |
| s ₂ | Borne communiquant avec la sonnerie de la ligne l ₂ . |

APPAREIL A CADRAN DU SYSTÈME BRÉGUET

491. Indépendamment de l'appareil Morse, il existe encore un certain nombre d'appareils de télégraphie électrique : tels sont l'appareil à cadran du système Bréguet, qui est le seul utilisé dans le service des chemins de fer, l'appareil Hughes, etc.

L'appareil à cadran se compose essentiellement d'un manipulateur et d'un récepteur.

492. Le récepteur Bréguet se compose d'un mouvement d'horlogerie dans lequel la roue E d'échappement est double, c'est à-dire formée de deux roues juxtaposées. Chacune d'elles porte treize dents, et leur disposition relative est telle que chaque dent de l'une des roues correspond au milieu de l'intervalle de deux dents de

l'autre (fig. 277). Ces dents viennent buter contre une petite palette *p* qui arrête le rouage, mais qui peut recevoir un mouvement de va-et-vient, par suite des oscillations de l'armature A d'un électro-aimant, de telle façon que chaque fois que cette dernière est attirée ou ramenée à la position de repos par son ressort antagoniste R, après le passage du courant, la palette lâche la dent avec laquelle

celle-ci se trouvait en contact et arrête la dent suivante de l'autre roue de l'échappement, qui se trouve ainsi avoir avancé de la moitié de l'intervalle de deux dents ou de $1/26^{\circ}$ de tour.

La roue d'échappement porte, fixée sur son axe, une aiguille qui parcourt un

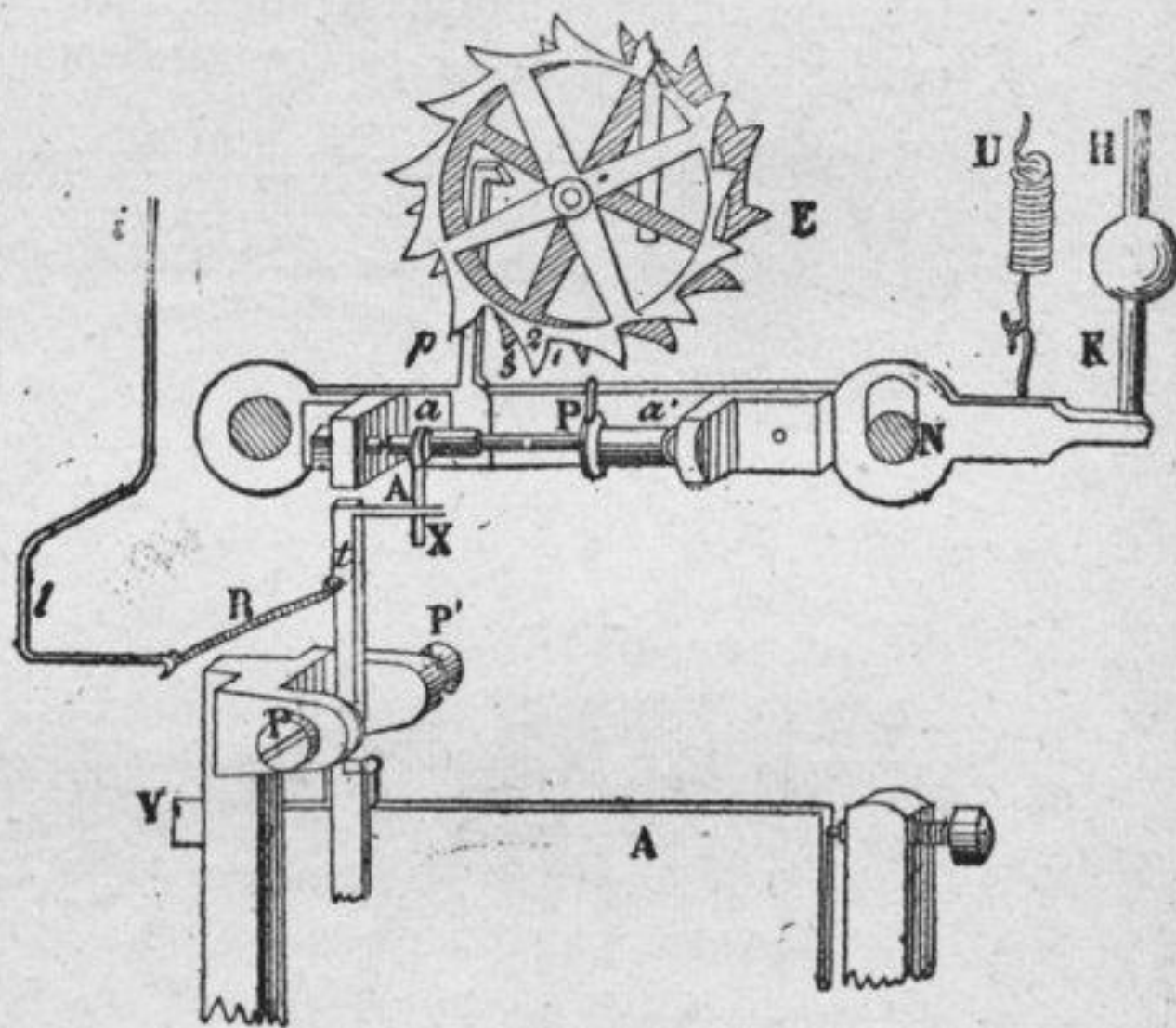


Fig. 277.

cadran divisé en 26 parties, correspondant à une croix et aux 25 lettres de l'alphabet, ainsi qu'aux 25 premiers nombres (fig. 278). A chaque passage ou interruption du courant dans les bobines de l'électro-aimant, cette aiguille doit avancer d'une lettre.

493. Le manipulateur Bréguet (fig. 279) se compose d'un cadran à peu près semblable à celui du récepteur. La circonfé-

rence de ce manipulateur porte des échancrures correspondant à chacune des lettres qui y sont inscrites.

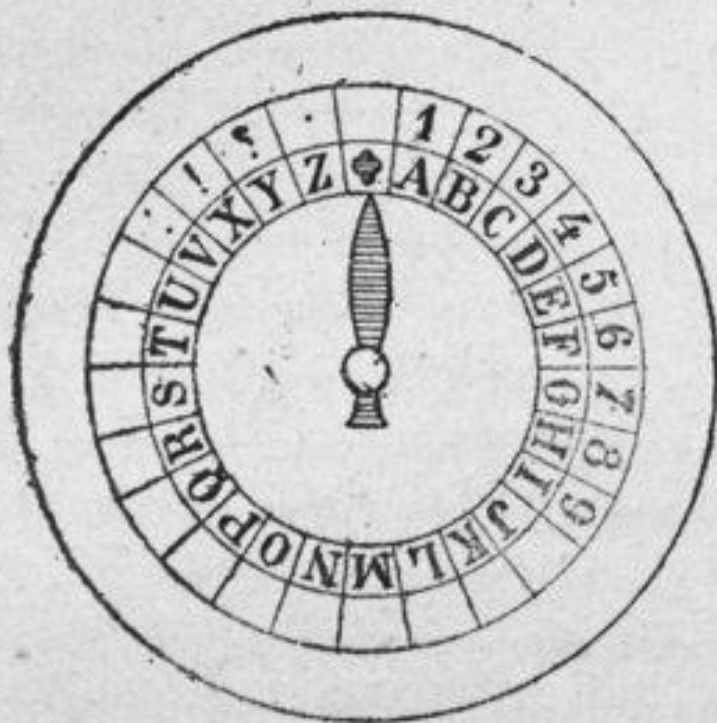


Fig. 278.

Au-dessous du disque A, dans un plan parallèle, se trouve une roue métallique R, intimement liée à une manivelle M. Sur le contour de cette roue est pratiquée une

moyen d'un ressort avec un galet *g*, fixé à un levier oscillatoire autour du point *o*; ce levier est terminé par un ressort qui vient alternativement buter selon la position du galet contre les deux petits butoirs métalliques B, B', en communication d'un côté avec le récepteur et de l'autre avec la pile.

494. Fonctionnement de l'appareil. — Quand la manivelle est au repos, elle est placée sur la croix, le galet se trouve dans un rentrant et ne donne lieu à aucun courant.

Mais si on porte cette manivelle dans l'échancrure de la lettre A, l'extrémité du levier viendra s'appuyer sur le butoir B; par suite du mouvement du galet qui sera dans ce cas sur un saillant. Un courant partant alors de la pile passera au récepteur, où il attirera la palette et produira, comme nous l'avons vu, le déclenchement d'une division de la roue à rochet.

Lorsqu'on portera la manivelle sur la lettre B, le galet tombant dans un rentrant fera cesser le courant, la palette du récepteur s'éloignera, un nouveau déclenchement aura lieu et l'aiguille indicatrice entraînée par sa roue, avancera encore d'une division, c'est-à-dire qu'elle passera d'une lettre à l'autre, absolument comme au manipulateur.

On voit par là que l'aiguille du récepteur prend exactement sur le cadran du récepteur la même position que la manivelle sur le cadran du manipulateur. Après

chaque mot, le levier du manipulateur, et, par suite, l'aiguille du récepteur doivent être menés à la croix. Si, à la suite d'un dérangement quelconque, l'aiguille du récepteur ne suivait pas le mouvement du levier du manipulateur dans ce retour à

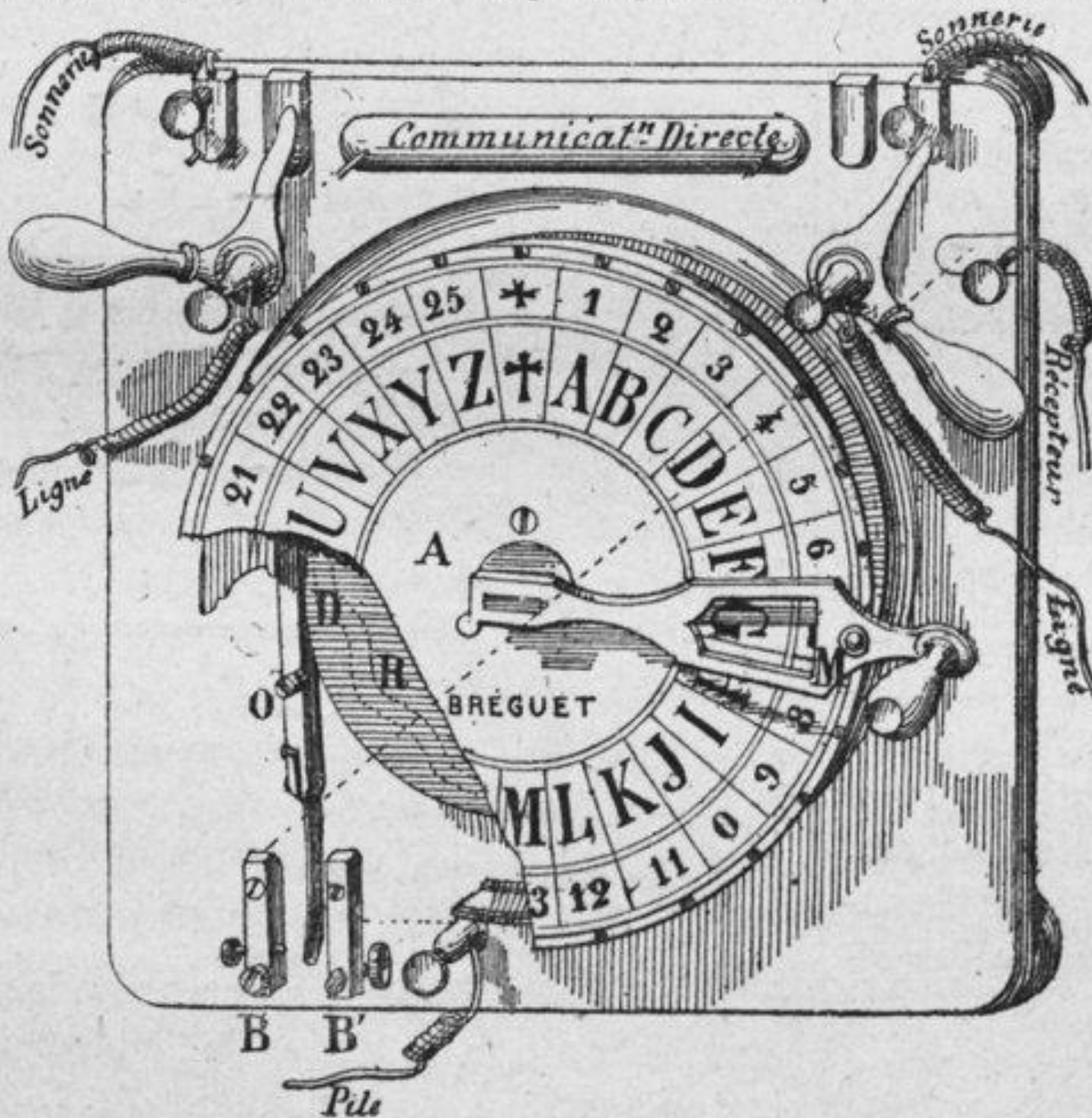


Fig. 279.

gorge sinueuse D, ayant 13 saillants et autant de rentrants, soit autant de divisions qu'il en existe sur la roue à rochet. Ces sinuosités demeurent en contact au

la croix, on l'y ramènerait en pressant un bouton placé à cet effet sur l'appareil. D'après ce qui précède, on voit combien la manœuvre de tout le mécanisme est facile. Pour la transmission d'une dépêche, on posera simplement la manivelle dans l'échancrure des lettres que l'on veut reproduire en observant de s'arrêter à la croix après chaque mot. En manœuvrant, si on dépasse la lettre, on y reviendra en continuant le tour et non par recul.

Lorsqu'il s'agira de chiffres, le destinataire en sera prévenu par deux tours complets arrêtés à la croix. Enfin pour terminer une dépêche, on fait un tour de manivelle et on s'arrête au Z.

Lorsqu'une erreur a été commise, elle

est signalée par 4 ou 5 tours successifs, puis on reprend le dernier mot régulièrement transmis.

L'appareil Bréguet est d'un réglage facile et d'une manipulation très simple; toutefois la délicatesse des pièces qui le composent et la difficulté des réparations n'ont pas permis de l'adopter pour la télégraphie militaire.

495. — APPAREIL HUGHES. Nous empruntons à un travail publié par M. le capitaine Huguel, dans le *Bulletin de la réunion des officiers*, la description sommaire de l'appareil Hughes. « Considérons deux cônes identiques A et B (fig. 280) auxquels on peut imprimer un mouvement de rotation exactement semblable, soit par un fort

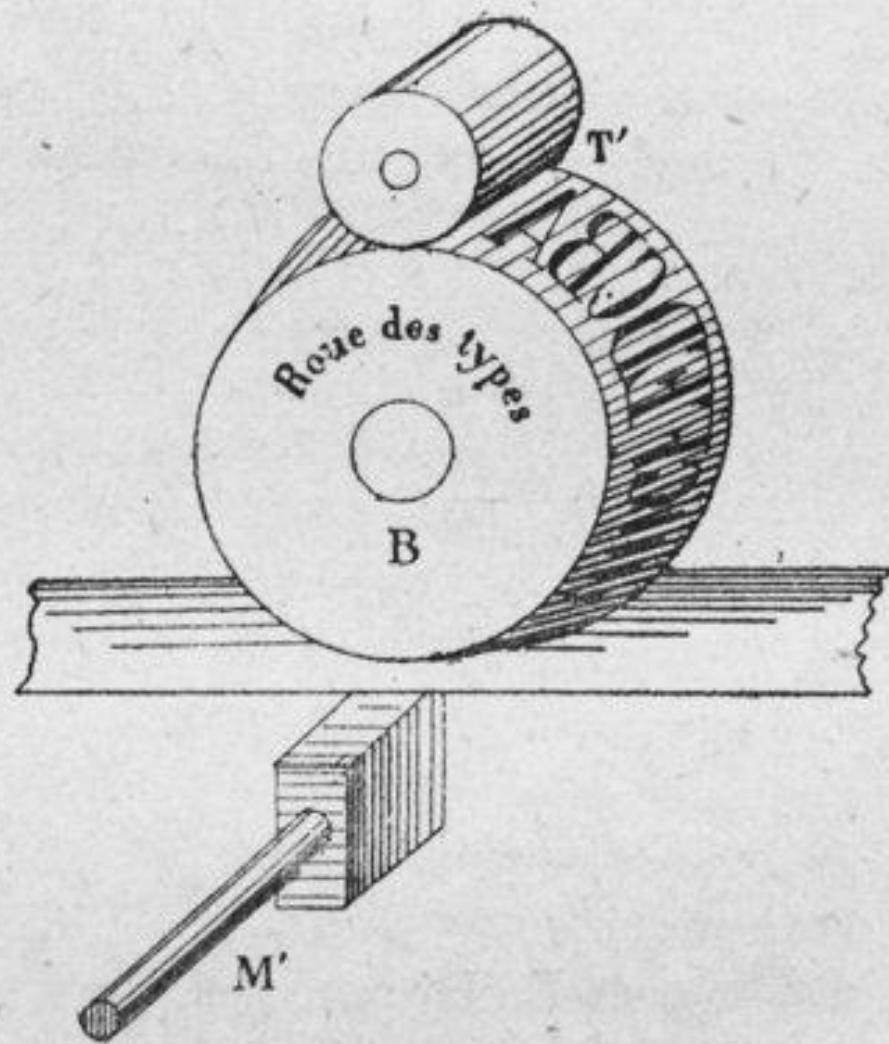
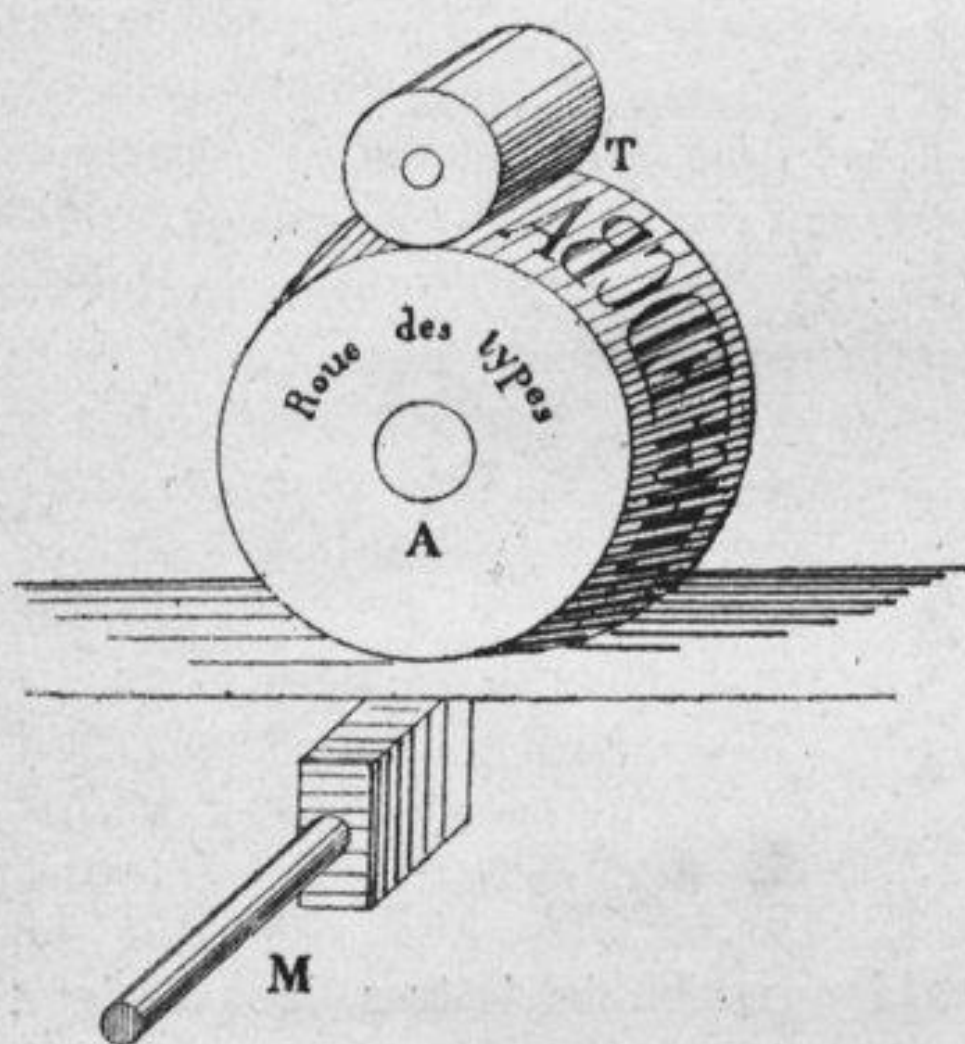


Fig. 280.

mécanisme d'horlogerie, soit par un courant électrique, comme dans le système à cadran.

« Sur la tranche de ces roues se trouvent en relief et en caractères d'imprimerie toutes les lettres de l'alphabet. Il s'ensuit qu'avec une vitesse de rotation identique, les lettres des roues se présenteront au même moment en un point donné, soit en

égard des marteaux M, M'. Il suffira donc d'une bande de papier glissant sous les roues, à la manière du système Morse, et d'un levier M ou M' sollicité par un

électro-aimant appliquant la bande contre les caractères pour recevoir au poste B, par exemple, une lettre frappée par le marteau du poste A, à condition toutefois que, grâce à ce mouvement, le poste A puisse lancer le courant destiné à opérer l'impression à la station B.

« L'appareil Hughes repose sur le principe qui vient d'être exposé. Les roues A et B, appelées roues des types, frottent en tournant contre deux tampons T T' imprégnés d'encre d'imprimerie; elles fonctionnent au moyen d'un fort mouvement

d'horlogerie. « Avant l'expédition d'une dépêche, il importe de s'assurer que les mêmes lettres passent en même temps sur les marteaux. — A cet effet, le poste expéditeur en transmet une plusieurs fois de suite. Si les roues n'ont pas alors une vitesse uniforme, la lettre imprimée changera au récepteur après un ou plusieurs tours, et l'on trouvera par exemple sur la bande A A B B B C, etc. pendant que le correspondant continuera à donner A,

Dans ce cas, la première chose à faire est de régler la marche des roues à l'aide des régulateurs.

« L'émission du courant s'obtient de la façon suivante : Sur un plateau horizontal P P' (*fig. 282*) percé d'autant de trous O qu'il y a de lettres sur la tranche des roues, se meut un chariot C, fixé à l'axe vertical B. Des goujons métalliques sont établis en face de chaque ouverture O, et peuvent y pénétrer lorsqu'on fait basculer

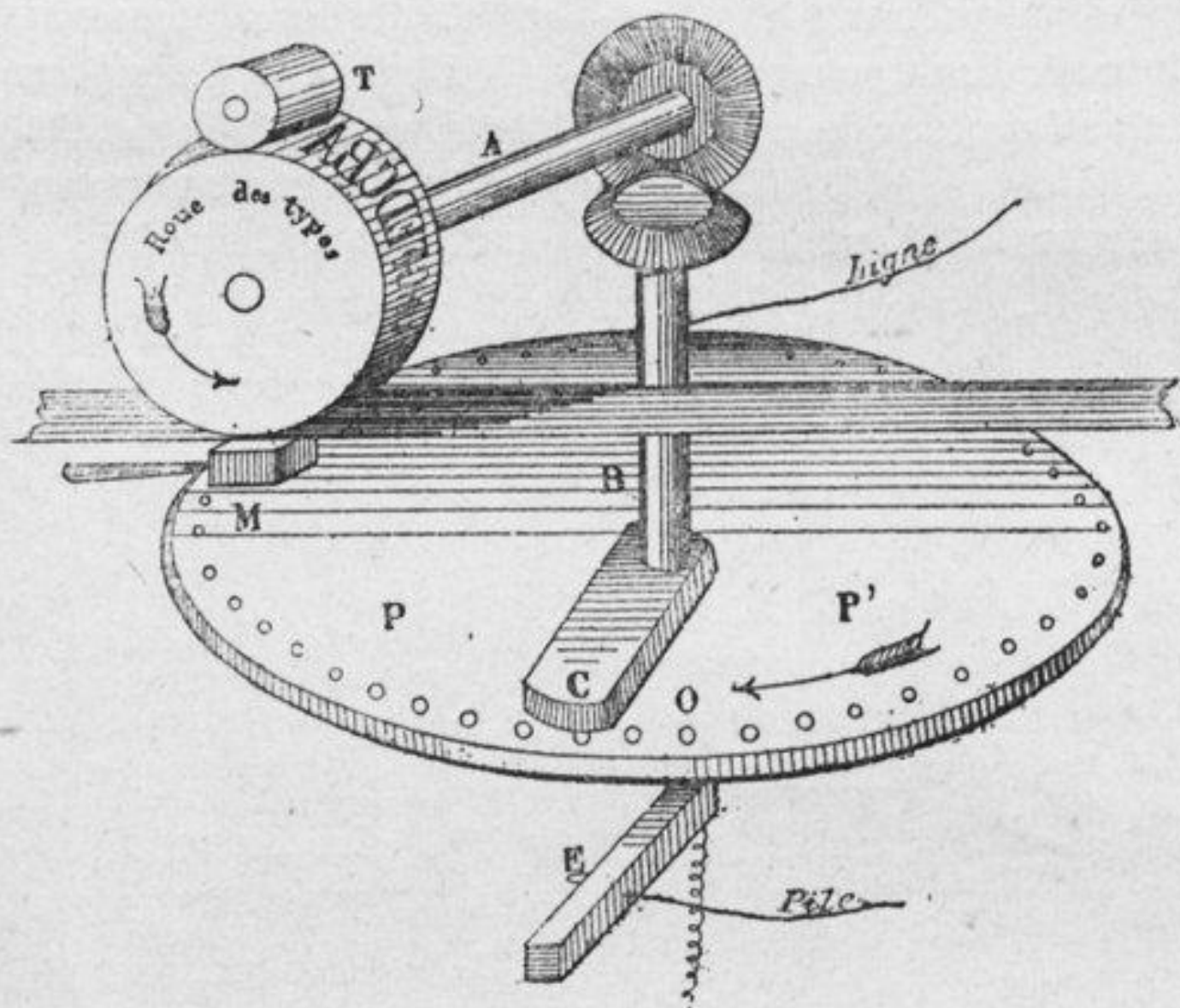


Fig. 282

des touches E. La roue des types, portée par un axe horizontal A, est montée de telle sorte que lorsqu'une lettre se présente en regard du marteau M, le chariot C passe précisément au-dessus du goujon correspondant à la même lettre. Si donc l'axe B est rattaché à la ligne, il suffira d'avoir une communication entre la pile, le goujon et le chariot, pour faire parvenir un courant au poste B. Ce résultat est obtenu par les touches de clavier, reliées à la pile, qui viennent pousser le goujon contre le chariot, lorsque le télégraphiste appuie sur la touche. Or, nous venons de voir que c'est par l'émission de ce courant au poste A que l'impression sera produite en B. L'effet de ce courant est combiné d'une telle façon

que l'impression des lettres, dans les deux stations est simultanée.

« Par ce qui précède, on voit qu'à l'aide du système Hughes, les dépêches sortent de l'instrument imprimées en caractères ordinaires. — Il n'y a donc aucune traduction à faire après coup, ce qui, indépendamment de l'économie de temps, fait disparaître une cause d'erreurs d'une certaine importance. — La dépêche imprimée au poste transmetteur sert de contrôle. »

Au moyen de l'appareil Hughes, on peut faire passer jusqu'à 1,200 mots à l'heure, tandis qu'on n'en peut faire passer que 500 environ avec l'appareil Morse, et 400 seulement avec l'appareil Bréguet.

Les inconvénients de l'appareil Hughes

sont : un réglage compliqué, des mécanismes délicats que l'on ne pourrait réparer en campagne, enfin la manipulation exige un long apprentissage et une certaine habileté.

Ce sont ces différentes raisons qui ont

empêché d'adopter cet appareil pour la télégraphie militaire; mais il est en usage dans toutes les grandes villes, où les communications télégraphiques sont nombreuses.

§ II. — MATÉRIEL DE LIGNE

496. Le matériel de campagne destiné à la construction des lignes simplement provisoires devra être aussi léger que possible, et se prêter à une construction et à un relèvement rapide des lignes.

497. Conducteur.—Les conducteurs employés consistent en fil nu ou en câble. Le fil nu adopté est du fil de fer galvanisé de 4 millimètres pour les grandes lignes, de 3 millimètres pour les lignes secondaires et de 1 mill. 8 pour lignes provisoires de longueur inférieure à 60 kilomètres.

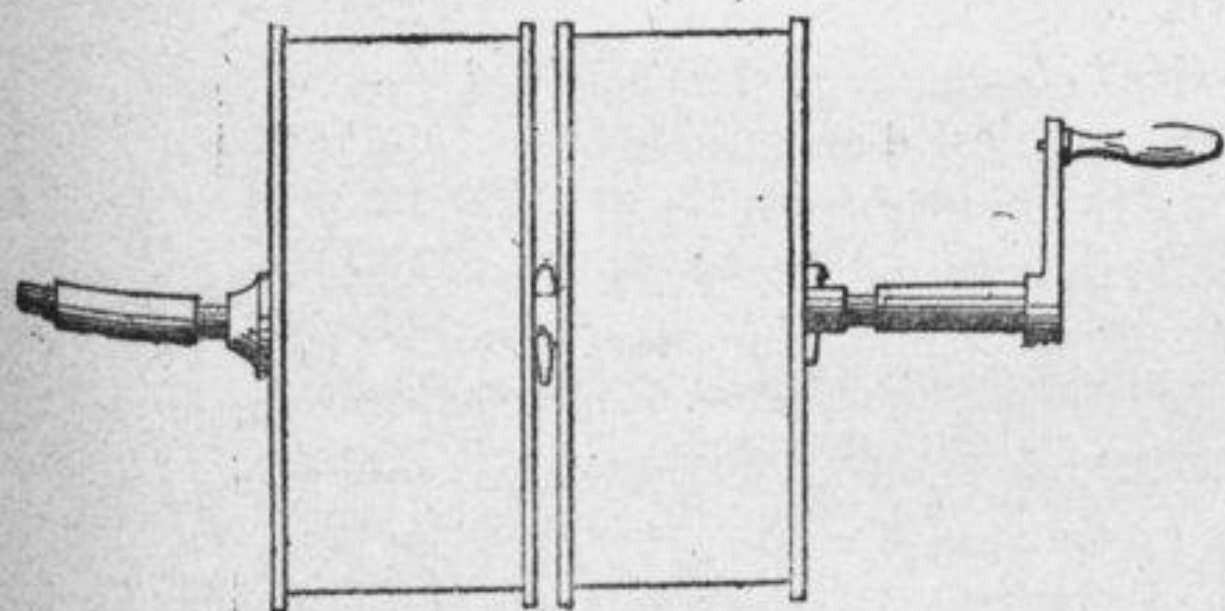


Fig. 283.

Le câble adopté est celui dont nous avons donné la description au § 1. Il est enroulé sur une bobine qui en porte 1 kilomètre (fig. 283). Poids : vide 10 kilogr., plein 38 kil. Pour manœuvrer la bobine, la disposer sur un axe de déroulement placé lui-même sur deux supports fixes d'une voiture-poste ou d'une brouette à dérouler. Pour les postes volants, tels que ceux que l'on emploie par exemple aux avant-

postes, on fait usage d'un câble léger, consistant en une âme formée d'un fil d'acier

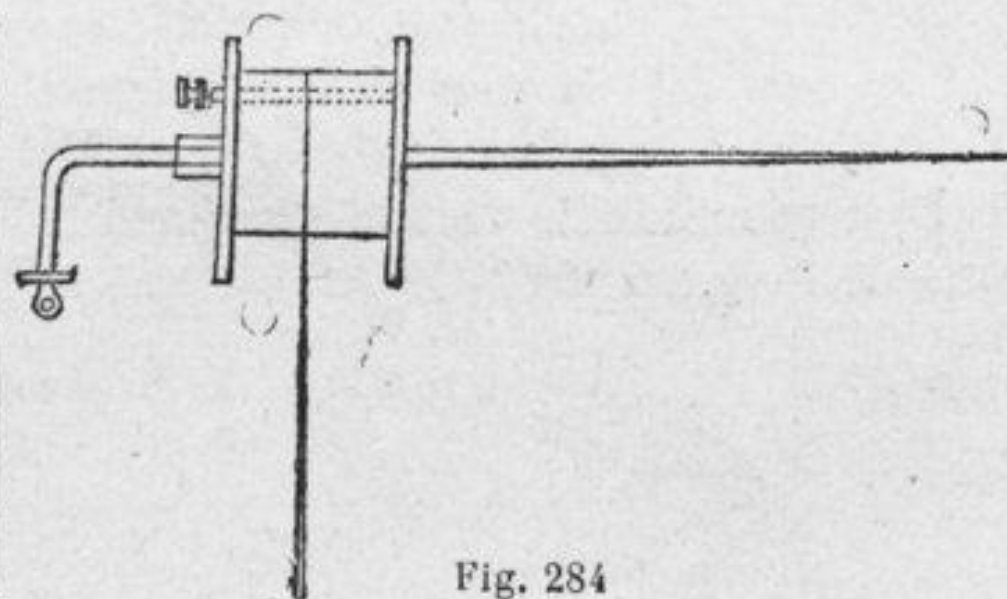


Fig. 284

de 0 mill. 5 autour duquel sont tressés huit fils de cuivre de 0 mill. 3; cette âme est entourée d'une première enveloppe isolante en gutta-percha et d'une deuxième enveloppe en ruban de soie caoutchoutée, il ne peut résister à un effort de traction supérieur à 28 kilog.; il doit, par suite, n'être tendu qu'à bras. Il pèse 12 kilog. le kilomètre.

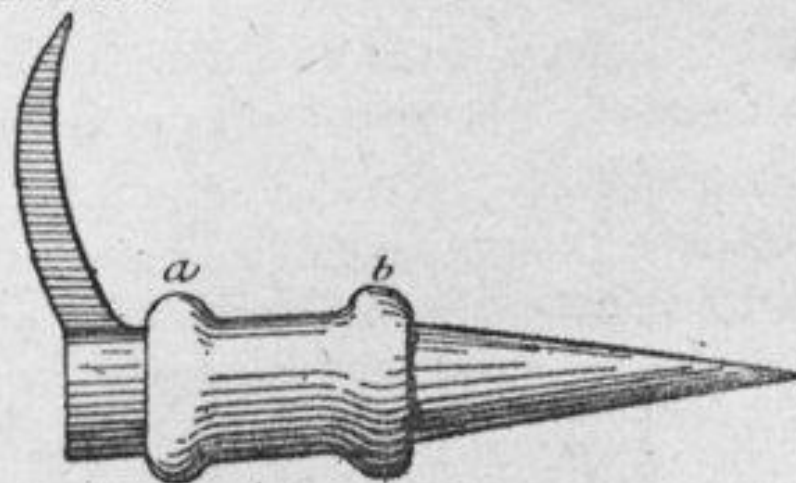


Fig. 285.

La bobine portée par un piquet de terre, muni d'un talon, pèse environ 1 kil. 800, soit, pour le poids total par kilomètre, 14 kilog. environ (fig. 284).

498. Crampons.—Les crampons servent

à suspendre le câble aux arbres ou aux murailles (*fig. 285*); une gaine en caoutchouc *ab* empêche le câble d'être entamé par le frottement sur les crampons.

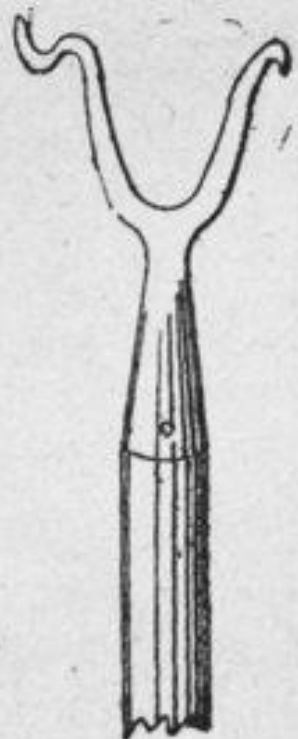


Fig. 286.

499. Lance à fourche. — La lance à fourche sert à soulever le câble et à le placer sur ses appuis (*fig. 286*).

500. Perches. — Les perches sont des supports artificiels du câble, composées de tringles en fer creux, coulissant l'une dans l'autre et maintenues par des vis de pression.

Il y a deux espèces de perche.

La perche double (*fig. 287*), qui a 4 mètres de long.

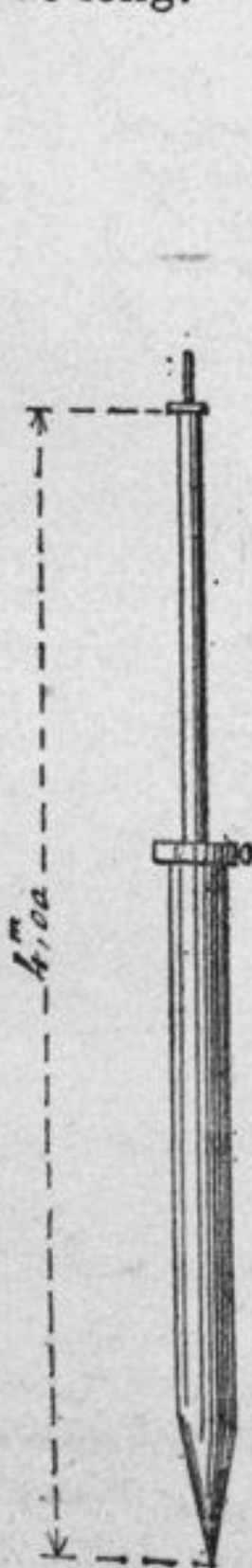


Fig. 287.



Fig. 288.

La perche triple (*fig. 288*), qui a 6 mètres de longueur.

501. Perforateur. — Le perforateur est un instrument en fer, à pointe acérée, pourvu d'une branche de tourne à gauche

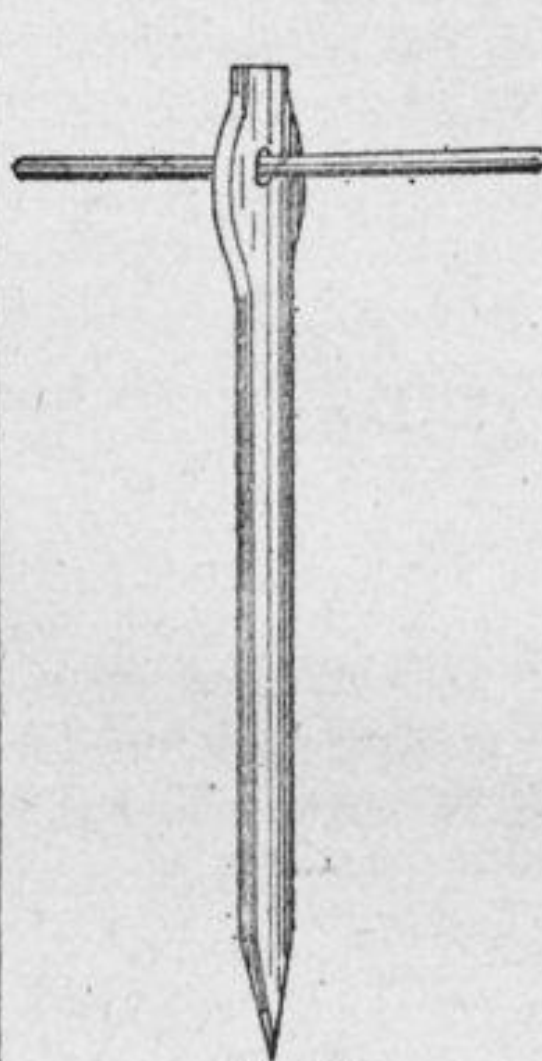


Fig. 289.

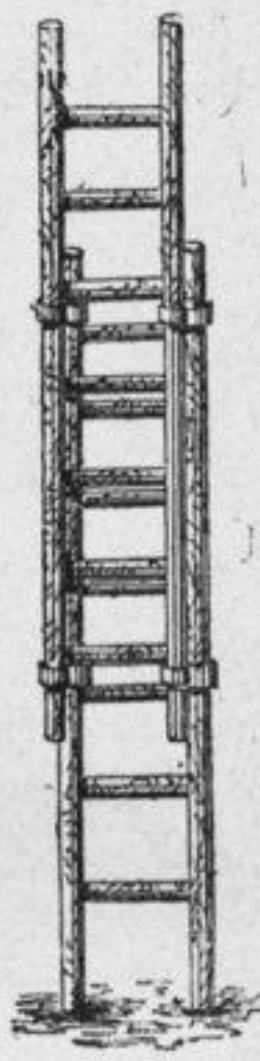


Fig. 290.

(*fig. 289*). Il sert à creuser les trous des perches. Il s'enfonce à coups de masse, en ayant soin de tourner le poinçon après chaque coup, afin de rompre l'adhérence avec la terre.

502. Échelles. — Les échelles sont munies d'armatures d'accouplement (*fig. 290*) qui permettent d'en réunir deux pour obtenir une longueur de 7 mètres.

503. Isolateurs. — Les isolateurs sont en ébonite (*fig. 291*). Ils portent le fil dans une gorgue et se vissent sur les supports par une petite cavité fileté suivant l'axe.

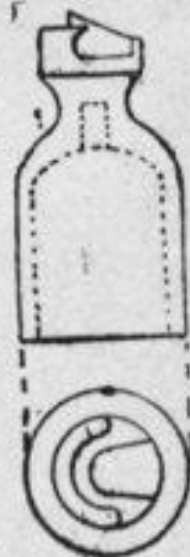


Fig. 291.

504. Supports. — Les supports sont, soit des perches, comme celles qui ont été dé-

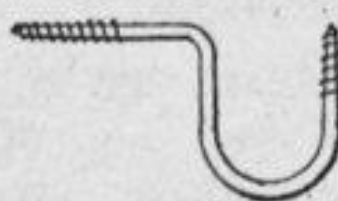


Fig. 292.



Fig. 293.

crites plus haut, soit des tiges en U (*fig. 292*) pour suspendre le fil aux arbres, soit des

tiges à angle droit pour fixer le fil contre les murailles (*fig. 293*).

505. Commutateurs de ligne. — Les commutateurs de ligne permettent de se relier à une ligne existante AA' sans modifier la tension des fils. — M et N sont des

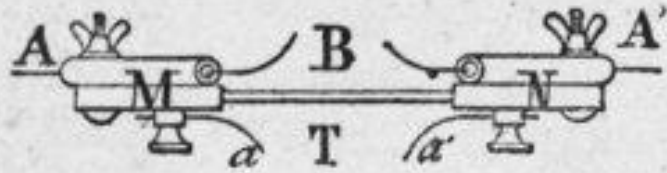


Fig. 294.

plaques isolantes. Le fil est coupé en B. Le nouveau poste est sur le circuit *a a'*. La tige de fer T maintient la tension (*fig. 294*).

506. Serre-fils. — Les serre-fils permettent de rétablir rapidement la direction primitive d'une ligne AB. (*fig. 295*).



Fig. 295.

507. Piquets de terre. — Ce sont des piquets d'une forme particulière (*fig. 296*). Ils sont employés pour établir la communication avec la terre dans les essais ou la vérification des lignes.

508. Sac d'ouvrier. —

Le sac d'ouvrier (*fig. 297*) se porte au moyen d'une ceinture et d'une bretelle. La ceinture est munie d'un coulant pour recevoir des fiches ou un outil. Le sac est divisé en deux compartiments inégaux : le plus grand sert à recevoir les outils, et le plus petit les menus objets.

Le matériel de ligne comprend également une certaine quantité de grosse toile destinée à préserver les mains des hommes pendant l'enroulement du câble, et pour empêcher ce dernier d'être entamé



Fig. 296.

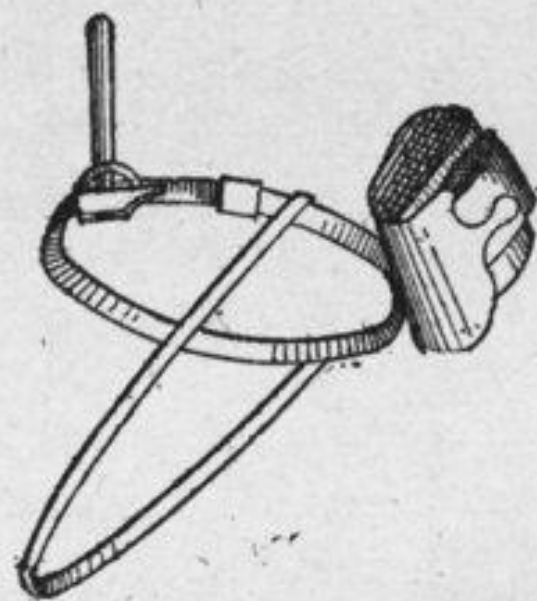


Fig. 297.

par le frottement sur ses appuis dans les changements de direction.

§ III. — MATÉRIEL ROULANT

509. Le matériel roulant comprend les véhicules suivants :

- Voiture-poste, modèle 1874 ;
- Voiture-poste, modèle 1884 ;
- Voiture dérouleuse, portant des bobines ;
- Chariot de travail, portant du matériel de ligne ;
- Chariot de réserve, portant du matériel de ligne ;

Voiture légère pour le transport rapide du personnel ;

- Chariot fourragère, suspendu ;
- Fourgon, modèle 1874 ;
- Chariot de forge.

Le chargement réglementaire de ces voitures est indiqué dans les tableaux annexes à la circulaire ministérielle du 16 mars 1884.

Ces voitures sont suspendues et attelées

de un à quatre chevaux. Le chargement est porté, partie à l'intérieur, partie à l'extérieur où il est maintenu par des ferrures spéciales (fig. 298, 299).

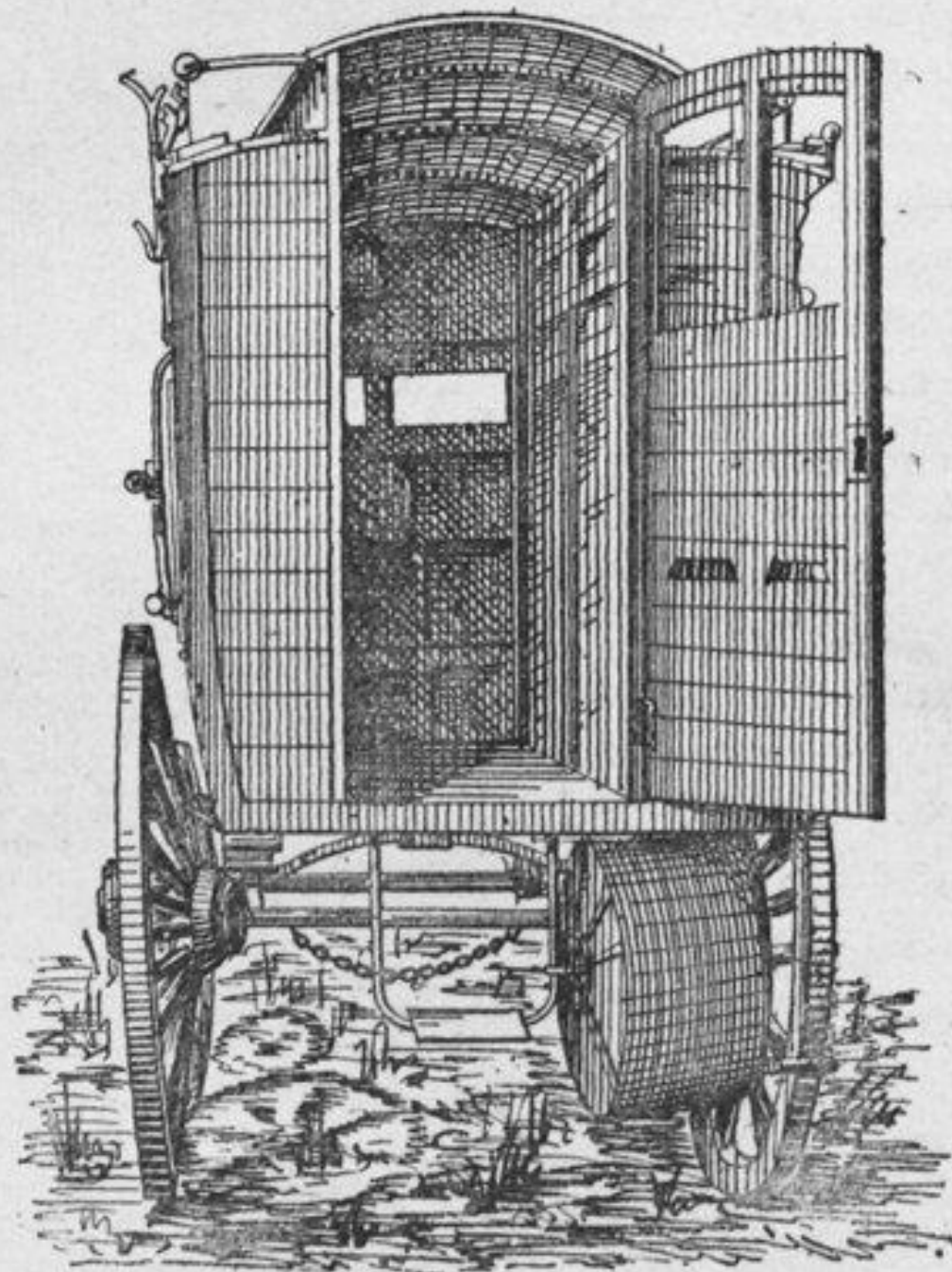


Fig. 298.

510. Voiture-poste, Modèle 1874.—La voiture poste, modèle 1874, sert à l'installation

rapide et commode des postes, on l'utilise aussi pour transporter une partie du matériel de ligne, et exceptionnellement une partie du personnel.

Cette voiture, couverte en entier, est divisée en deux parties.

La partie antérieure ou coupé, constitue le poste proprement dit ; la partie postérieure, séparée en deux par un couloir longitudinal sert de magasin, et l'avant est un siège à trois places.

Dans le coupé se trouvent deux appareils Morse portatifs, tout montés, avec leurs accessoires et deux parleurs.

Un commutateur suisse, fixé sur la paroi antérieure du coupé, permet de faire varier à volonté les communications électriques dans les différents appareils du poste.

Cette voiture, vu son peu de mobilité, a été reléguée au parc télégraphique et remplacée à la section de première ligne par la voiture-poste, modèle 1884, qui est plus mobile et moins encombrante.

511. Voiture-poste, Modèle 1884.— Cette dernière est plus légère que la précédente dont elle diffère peu comme installation intérieure ; elle ne transporte que du matériel fixe et n'est attelée que de deux che-

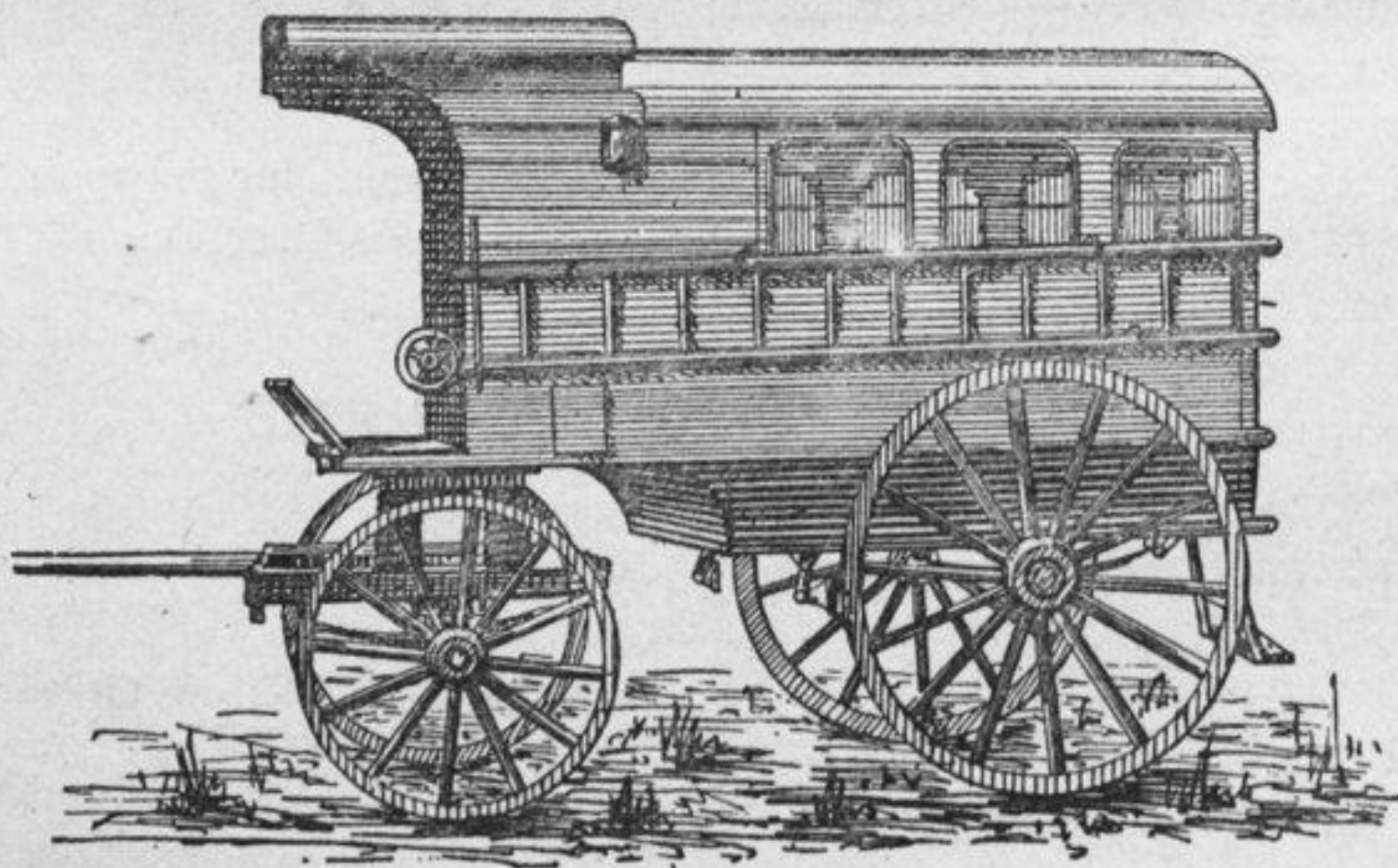


Fig. 299.

vaux seulement. Son magasin contient entre autres objets :

Deux appareils Morse portatifs ;

Un appareil optique de 0,14 avec accessoires ;

Deux parleurs avec étui ;

Trois piles portatives ;
 Deux sonneries ;
 Deux téléphones avec étui ;
 Un kilomètre de câble d'avant-poste ;
 Deux bobines pour câbles d'avant-poste ;

Un assortiment d'imprimés et d'objets de bureau ;

Deux piquets de terre ;
 Deux échelles de 3 mètres ;
 Une caisse à eau ;
 Un commutateur de ligne ;
 Deux serre-fils ;

Quatre fils de ligne peuvent aboutir à la voiture-poste et être desservis simultanément.

A l'arrière de la voiture est un support pour l'axe de déroulement.

512. Voiture légère.— La voiture légère (fig. 300) permet de transporter rapidement, en cas de besoin, les hommes et le matériel nécessaire pour installer un poste. Trois hommes peuvent trouver place sur le coffre d'avant, et six sur les banquettes d'arrière.

513. Chariot de travail. — Le chariot

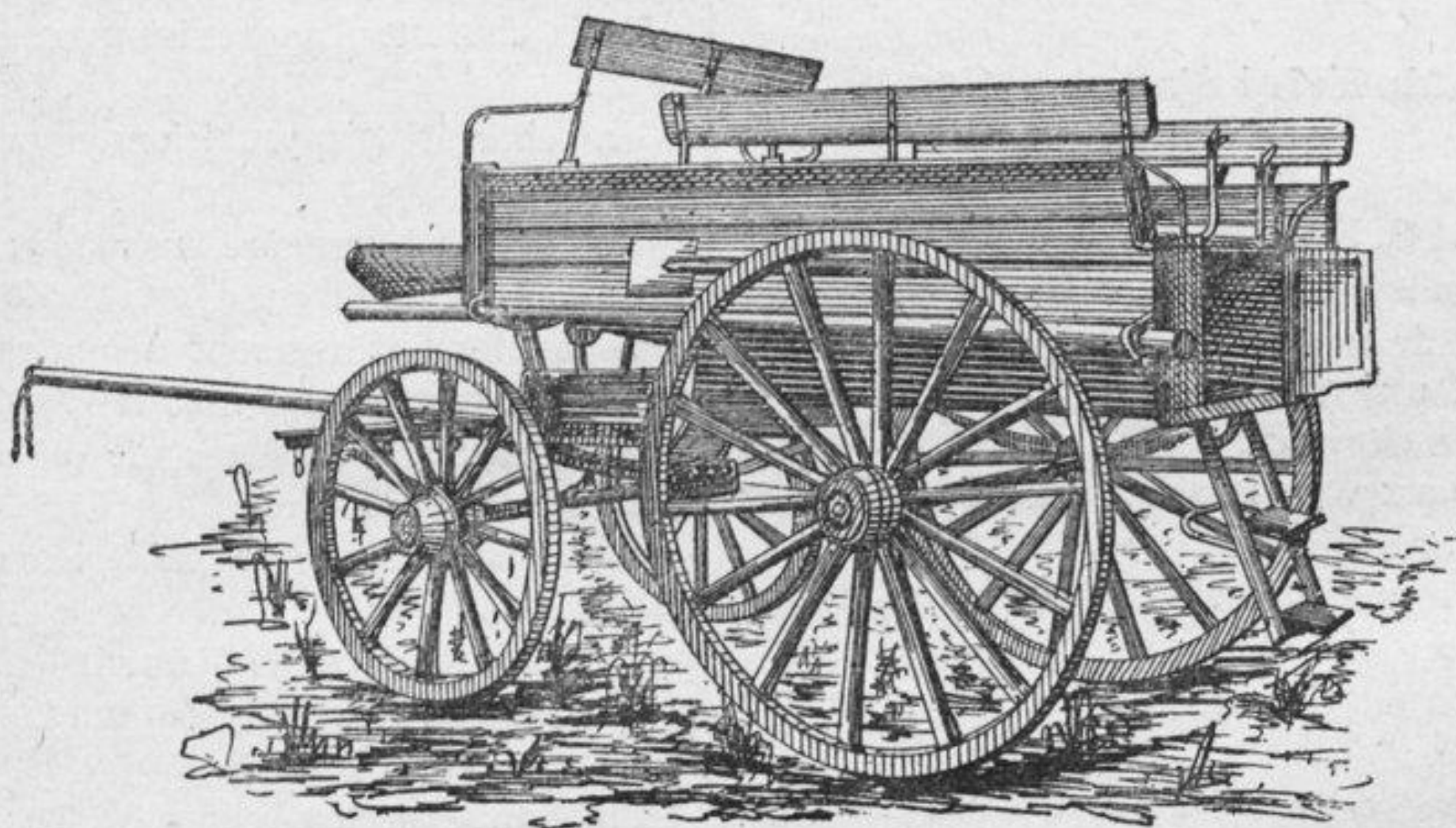


Fig. 300.

de travail sert à transporter la plus grande partie du matériel de ligne et le personnel d'un atelier de construction ; en outre, il facilite la construction et le relèvement des lignes.

A l'avant est un siège à trois places. A l'intérieur, quatre hommes peuvent se tenir assis sur l'un des coffres, trois autres peuvent se tenir debout et complètent l'équipe d'un atelier. A l'arrière est un support pour l'axe de déroulement.

Entre autres objets, on trouve, dans le chariot de travail :

Un appareil Morse portatif ;
 Un parleur avec étui ;
 Une pile portative ;

Huit kilomètres de câble de campagne, formant dix bobines ;

Un kilomètre de câble d'avant-poste, formant deux bobines ;

Deux commutateurs de ligne ;

Deux cent quatre-vingt crampons pour câble ;

Quarante-sept isolateurs en ébonite ;

Trois lances à fourche ;

Quatorze perches triples en fer ;

Trente piquets de hauban ;

Deux piquets de terre ;

Six serre-fils ;

Dix sacs d'ouvriers ;

Accessoires et même outillage des ouvriers, etc.

514. Chariot de réserve. — Le chargement du chariot de réserve diffère peu de celui du chariot de travail.

515. Dérouleuse. La dérouleuse est destinée spécialement à porter les bobines au moment du déroulement du câble ou du fil nu.

Elle porte dix bobines de câble de campagne formant une longueur de 6 kilomètres, un parleur avec étui, une pile portative, un piquet de terre, une lance à fourche et quelques autres outils ou objets nécessaires au déroulement des conducteurs.

Matériel d'une section de première ligne

516. En résumé, le matériel roulant d'une section de première ligne se compose de :

Deux voitures-poste, modèle 1884, à deux chevaux.

Deux voitures dérouleuses à un cheval.

Trois chariots de travail à quatre chevaux ;

Un chariot de réserve à quatre chevaux ;

Une voiture légère à deux chevaux ;

Un chariot fourragère suspendu à quatre chevaux ;

Deux fourgons, modèle 1874, à deux chevaux.

517. Le gros matériel transporté par une section de première ligne est le suivant :

Quarante-deux kilomètres de câble de campagne, sur bobines ;

Huit kilomètres de câble d'avant-poste, sur bobines ;

Six kilomètres de fil nu, sur bobines ;

Quatre couronnes de fil nu de 2 milli. ;

Quatre couronnes de fil nu de 3 milli. ;

Quatre cent treize isolateurs en ébonite ;

Cinquante-six perches triples en fer ;

Deux cents perches en bois ;

Huit appareils Morse portatifs ;

Trois appareils optiques ;

Douze parleurs ;

Quatorze piles portatives ;

Huit sonneries ;

Deux microphones ;

Quatre téléphones ;

Plus les outils et objets nécessaires pour la pose.

Matériel d'un parc télégraphique

518. Le matériel roulant d'un parc télégraphique se compose de :

Une voiture-poste, modèle 1874 ;

Trois chariots d'approvisionnement de câble.

Un chariot d'approvisionnement de fil nu ;

Un chariot fourragère suspendu ;

Un chariot de forge.

Toutes les voitures sont à quatre chevaux et portent le gros matériel suivant :

Soixante-six kilomètres de câble de campagne sur bobines ;

Douze kilomètres de câble léger d'avant-poste ;

Quinze kilomètres de fil nu sur bobines ;

Quatre cent soixante isolateurs en ébonite ;

Cinquante perches triples en fer ;

Deux cents perches en bois ;

Onze appareils Morse portatifs ;

Quatre appareils optiques avec accessoires ;

Onze parleurs ;

Dix-sept piles portatives ;

Cinq sonneries ;

Deux microphones ;

Quatre téléphones, etc. ;

Plus les outils et objets nécessaires pour la pose.

Matériel d'une section d'étapes et de chemins de fer

519. Les sections d'étapes et de chemins de fer, pour le service de deux lignes,

sont pourvues chacune du matériel roulant suivant :

Une voiture-poste, modèle 1874, à quatre chevaux, aménagée pour le transport du matériel de poste ;

Un chariot télégraphique à quatre chevaux ;

Un chariot fourragère suspendu à quatre chevaux ;

Une voiture à deux chevaux pour le transport du personnel ;

Un fourgon, modèle 1874, à deux chevaux.

Le matériel technique d'une section d'étapes et de chemins de fer, comprend notamment les objets suivants :

Deux kilomètres de câble de campagne ;

Quatre kilomètres de câble léger d'avant-poste ;

Douze kilomètres de fil nu de 5 milli. ;

Quatre cents isolateurs en ébonite ;

Deux cents perches en bois ;

Dix piquets de terre ;

Dix serre-fils ;

Vingt tiges droites ;

Cent quatre-vingts tiges en V ;

Douze appareils Morse portatifs ;

Huit assortiments d'imprimés et objets de bureau ;

Neuf parleurs ;

Dix-huit piles portatives ;

Huit téléphones, etc. ;

Et en outre l'outillage et les objets nécessaires pour la pose.

CHAPITRE III

PERSONNEL DE LA TÉLÉGRAPHIE MILITAIRE

Dispositions générales.

520. L'organisation de la télégraphie militaire vient d'être fixée à nouveau par le décret du 27 septembre 1889, abrogeant celui du 23 juillet 1884, qui ne se trouvait plus en harmonie avec les règlements nouveaux sur l'organisation de l'armée.

La pensée fondamentale, qui a présidé à l'organisation du personnel de la télégraphie militaire en France, est la suivante : la télégraphie constitue un service spécial et purement technique ; il n'a pas paru utile de créer en permanence dans l'armée, pour en assurer l'exécution, un corps militaire qui n'arriverait jamais à posséder cette expérience que peut seule donner la pratique de tous les jours et qui serait en outre une cause de dépenses et de charge pour le Trésor.

On a donc jugé préférable de se borner à utiliser, en cas de mobilisation, les ressources considérables que présente l'administration des télégraphes, en fonctionnaires et employés de tous grades, soumis en raison de leur âge aux obligations du service militaire, en leur laissant leur autonomie la plus étendue, leurs moyens d'action et leur personnel habituels.

La seule précaution à prendre était de faire rentrer ce personnel dans le droit commun aux autres membres de l'armée, en ce qui concerne la discipline et la hiérarchie, et de veiller à ce que les fonctionnaires et agents, destinés à apporter leur concours aux opérations militaires, fussent désignés, encadrés et organisés à l'avance.

Nous donnons ci-après les parties essentielles de ce nouveau décret.

§ I. — ORGANISATION EN TEMPS DE GUERRE

521. Le personnel technique mis par le ministère des postes et des télégraphes à la disposition du département de la guerre, pour l'exécution du service de la télégraphie militaire, est organisé militairement, il jouit de tous les droits des belligérants. A dater de l'ordre de mobilisation, aucune démission donnée par un agent ou sous-agent de l'administration des postes et des télégraphes faisant partie de la télégraphie militaire n'est valable qu'après avoir été acceptée par le ministre de la guerre.

Ce personnel est affecté :

1° Au service de la télégraphie de l'armée qui comprend des directions des sections de première et de deuxième lignes et des parcs télégraphiques.

2° Au service du territoire.

Service de la télégraphie de l'armée.

522. Le service télégraphique aux armées est placé sous les ordres des chefs d'état-major des armées ou des corps d'armée et divisions opérants seuls.

Le personnel de la télégraphie militaire se recrute à l'aide du personnel de l'administration des postes et télégraphes, soumis à la loi du recrutement, ayant reçu l'instruction professionnelle télégraphique et de fonctionnaires, agents et sous-agents volontaires de la même administration, qui ont contracté un engagement de trois ans vis-à-vis de leur administration. A ce personnel peuvent être adjoints un certain nombre d'auxiliaires militaires.

Le nombre et la composition des directions, sections et parcs, sont réglés par le ministre de la guerre, après accord avec le ministre du commerce, de l'industrie et des colonies.

Des fonctionnaires, agents et sous-agents faisant partie de la télégraphie militaire, en nombre déterminé par le ministre de

la guerre, sur la proposition du ministre du commerce, sont mis, en cas de mobilisation, à la disposition du ministre de la marine, qui pourvoit à leur habillement et à tous leurs besoins.

Les emplois à conférer au personnel et les grades correspondant à ces emplois sont les suivants :

Directeur de la télégraphie,	Lieutenant-colonel.
Sous-direct. de la télégraphie,	Chef d'escadron.
Chef de section,	Capitaine.
Sous-chef de section,	Lieutenant.
Chef de poste,	Sous-Lieutenant
Télégraphiste,	Adjudant.
Chef d'équipe,	Maréchal des logis.
Maître-ouvrier,	Brigadier.
Ouvrier,	Soldat.

Les fonctionnaires ayant rang d'officier sont nommés par le Président de la République, sur la présentation du ministre de la guerre et d'après les propositions du ministre des postes et télégraphes.

Dans le cas où, pour une cause quelconque, un de ces fonctionnaires cesse d'appartenir à l'administration civile, sa nomination dans la télégraphie militaire est annulée de plein droit.

La radiation des cadres de la télégraphie militaire d'un fonctionnaire maintenu dans son emploi civil, est prononcée après entente entre le ministre de la guerre et celui du commerce.

Le tableau A, annexé au décret, donne la description de l'uniforme du personnel.

523. Les points de mobilisation des directions, sections et parcs, les jours où ces unités doivent être constituées, sont fixées par le ministre de la guerre.

A dater de la publication de l'ordre de mobilisation, les fonctionnaires, agents et sous-agents mobilisés font partie intégrante de l'armée et sont soumis aux lois et règlements qui la régissent. Suivant la correspondance de grade, précédemment indiquée, ils sont placés dans les mêmes conditions que les personnels de l'armée

territoriale, au point de vue des droits, honneurs et récompenses.

Toutefois, sous le rapport du commandement, l'exercice de l'autorité des fonctionnaires, agents et sous-agents, gradés est limité au personnel de la télégraphie militaire et aux militaires des corps de troupe de l'armée mis à leur disposition pour l'exécution de leur service spécial. Ces derniers continuent à relever de leurs chefs hiérarchiques, pour la police, l'administration et la discipline intérieures. En l'absence du chef militaire direct, le fonctionnaire, l'agent ou le sous-agent gradé a le droit de punir les hommes de troupe, mis à sa disposition, sauf à en rendre compte immédiatement à l'autorité militaire.

La solde et les allocations du personnel sont fixées par le ministre de la guerre et payées par lui.

Les dépenses du personnel et du matériel sont ordonnancées par les ordonnateurs de la guerre. Les mandats d'avance sont remis aux chefs des parcs télégraphiques, qui produisent les justifications d'usage.

Les sections s'administrent comme les unités formant corps de l'armée territoriale.

Division du service.

524. — Le service de la télégraphie militaire en temps de guerre comprend, pour chaque armée ou corps d'armée opérant seul :

1° La direction de la télégraphie militaire ;

2° Le service de première ligne ou de marche ;

3° Le service des étapes et des chemins de fer, ou de deuxième ligne ;

4° Le service des parcs télégraphiques.

525. *Direction de la télégraphie militaire.* — Le directeur prescrit, d'après les ordres qu'il reçoit du chef d'état-major général, la construction des lignes et l'éta-

blissement des postes télégraphiques, et veille à la prompte installation des communications électriques. Il répartit le personnel et le matériel selon les besoins, et provoque, en temps utile, en s'adressant aux directeurs régionaux, la formation des sections supplémentaires devenues nécessaires, le remplacement des employés absents ou hors d'état de continuer leur service, et l'envoi du matériel de rechange.

526. *Service de première ligne.* — Le service de première ligne a pour mission :

1° De relier le quartier général principal avec les quartiers généraux des commandants de corps d'armée et d'assurer ses communications avec le réseau d'opérations ;

2° De relier à l'un des quartiers généraux ci-dessus spécifiés, le chef d'une troupe temporairement chargé d'une mission militaire spéciale ;

3° De détruire les réseaux télégraphiques existants, lorsque l'intérêt de l'armée le commande ;

527. *Chef du service de première ligne.* — Le service de première ligne est assuré, dans chaque armée, par un nombre de sections calculé d'après le rôle et la force de cette armée. Un fonctionnaire, qui prend le titre de chef du service de première ligne, se rend à la formation de l'armée, et après avoir pris les ordres du directeur de la télégraphie, au lieu de réunion des sections, pour en prendre la direction ; il y fait conduire le parc télégraphique de réserve de l'armée, et attache ce parc à l'une des sections qu'il affecte plus particulièrement au service du grand quartier général et à l'entretien du matériel.

Le chef du service de première ligne recueille et tient à jour les renseignements les plus complets sur les ressources télégraphiques du pays traversé ; il les communique au directeur de la télégraphie. En station, il étend le réseau de façon à faciliter l'échange de la correspondance

entre les avant-postes et les quartiers généraux. En marche, il reçoit du directeur et en temps opportun des indications sur les directions suivies par l'armée et sur les emplacements successifs probables des quartiers généraux qui doivent être télégraphiquement reliés.

Il fera établir en conséquence les lignes nécessaires, utiliser celles existantes, relever les lignes devenues inutiles, et en reporter le matériel en avant par les voies les plus rapides.

Il est chargé d'assurer le service dans les missions spéciales, et veille à ce que les détachements qui y ont été envoyés rentrent à leurs sections aussitôt après l'accomplissement de leur mission.

528. Organisation d'une section de première ligne. — Chaque section de première ligne est mobilisée en même temps que le corps d'armée dont elle dépend ; elle comprend :

Un chef de section	} montés ;
Un sous-chef de section	
Deux chefs de poste	
Dix télégraphistes ;	
Six chefs d'équipe ;	
Six maîtres ouvriers ;	
Vingt ouvriers.	

En temps de guerre, l'effectif est renforcé, suivant les besoins, jusqu'à concurrence de cinq télégraphistes et de dix ouvriers auxiliaires.

La section comprend deux ateliers et un groupe de réserve.

Chaque atelier est composé de :

Un chef de poste ;
Quatre télégraphistes ;
Deux chefs d'équipe ;
Deux maîtres-ouvriers ;
Six ouvriers ;

Le chef de poste tient le poste qui sera établi en tête de la ligne dont il dirige la construction, il est responsable du matériel qui lui est confié.

Les télégraphistes manœuvrent les appareils et concourent à la construction des lignes. Les trois télégraphistes les plus

anciens remplissent les fonctions de sous-chefs d'ateliers ; ils sont affectés par ordre d'ancienneté aux différents ateliers.

Les maîtres-ouvriers et les ouvriers établissent la ligne sous les ordres des chefs d'équipe et concourent à l'établissement des postes ; l'un d'eux remplit les fonctions de garde et de distribution du matériel pendant le travail. La répartition des maîtres-ouvriers et des ouvriers est faite de manière à égaliser, autant que possible, les forces des ateliers et groupes.

Le groupe de réserve comprend :

Un chef de poste ;
Deux télégraphistes ;
Deux chefs d'équipe ;
Deux maîtres-ouvriers ;
Huit ouvriers.

Il accompagne le chariot de réserve et fournit les ordonnances des divers fonctionnaires ou employés qui y ont droit.

L'un des deux télégraphistes remplit les fonctions de comptable et de vaguemestre de la section.

529. Service de deuxième ligne. — Le service de deuxième ligne ou d'étape a pour mission :

1° De relier le réseau du service de deuxième ligne avec celui du territoire national.

2° De desservir dans les territoires occupés, les lignes d'étapes et tous les postes situés en arrière de l'armée.

3° De détruire les lignes qui pourraient être utilisées par l'ennemi.

Le personnel technique, d'une section d'étapes et de chemins de fer, est ainsi composé :

Un chef de section ;
Un sous-chef de section ;
Deux chefs de poste ;
Vingt-cinq télégraphistes ;
Quatre chefs d'équipe ;
Deux maîtres-ouvriers ;
Huit ouvriers.

En temps de guerre, l'effectif peut être renforcé suivant les besoins, par des auxiliaires de la télégraphie militaire.

530. Chef du service du deuxième ligne.

— Le service de deuxième ligne est assuré, dans chaque armée, par un nombre de sections calculé d'après l'extension du théâtre d'opérations. Un fonctionnaire, qui prend le titre de chef du service de deuxième ligne, se rend au lieu de réunion des sections pour en prendre la direction. Il reçoit du directeur de la télégraphie les voitures du parc de réserve qui lui sont attribuées, ainsi que les voitures supplémentaires qui lui sont accordées. Il rattache son parc à l'une des sections désignées comme devant marcher toujours à la suite de l'armée et assurer la jonction avec le service de première ligne.

531. Fonctionnement du service. — En stations à l'intérieur, dès que l'armée commence à se constituer, le service de deuxième ligne est employé à renforcer ceux de première ligne et du territoire à l'extérieur ; il renforce, s'il y a lieu, le service de grand quartier général, qui devient, en station, le point de jonction des services de première et de deuxième ligne.

En marche, le service de deuxième est ainsi établi :

On crée le long de la ligne d'opérations, une ou plusieurs lignes permanentes, destinées à assurer les communications entre les réseaux de première ligne et du territoire.

Les employés du service de deuxième ligne, disséminés sur les lignes d'étapes, sont groupés en détachement ayant pour chef le plus élevé en grade d'entre eux. Ce dernier prend chaque jour les ordres du commandant militaire de la localité, dans ou près de laquelle il réside, et lui adresse régulièrement des rapports sur l'état des communications électriques.

532. Sections supplémentaires. — Lorsque l'armée s'avance en pays ennemi, il devient nécessaire de créer des sections supplémentaires pour desservir les lignes d'étapes au fur et à mesure de la marche

des troupes en avant. Ces sections, composées numériquement comme celles de première et de deuxième ligne, sont formées par les directeurs régionaux.

533. Organisation d'une section de deuxième ligne. — Chaque section de deuxième ligne permanente comprend un atelier, dit de construction et un groupe composé plus spécialement de télégraphistes destinés au service des postes sur les lignes d'étapes.

L'atelier de construction est, sauf exception motivée, composé comme ceux des sections de première ligne. Dans les sections supplémentaires, dont le rôle se bornerait à desservir les lignes existantes, l'atelier de construction peut être réduit en nombre ou même supprimé.

Service des parcs télégraphiques

534. Le personnel technique faisant partie d'un parc télégraphique est le suivant :

- Un sous-chef de section ;
- Huit télégraphistes ;
- Deux chefs d'équipes ;
- Trois maîtres-ouvriers ;
- Neuf ouvriers.

En temps de guerre, l'effectif peut être renforcé jusqu'à concurrence de cinq télégraphistes et dix ouvriers auxiliaires.

Le transport des parcs télégraphiques est confié au train des équipages militaires.

Dans chaque détachement des transports, le chef prend les instructions du chef de la fraction télégraphique dont il attelle les voitures, pour tout ce qui concerne le service technique, mais il est le seul commandant militaire de sa troupe.

Des cavaliers-plantons sont attachés aux parcs télégraphiques ; ils sont choisis parmi les hommes intelligents et bien montés, sachant lire et écrire ; ils ont pour mission de porter les dépêches aux grandes distances. En cas de rupture des lignes,

ils peuvent être rapidement envoyés sur le parcours pour vérifier l'état du fil conducteur et le réparer provisoirement lorsque la chose sera possible.

Un certain nombre de soldats, à pied ou à cheval, sont commandés pour les états-majors et, selon les besoins de chaque jour, pour le transport des dépêches, la garde des bureaux, les escortes et les patrouilles nécessaires au service télégraphique.

535. Service du territoire. — Dans les régions déclarées en état de siège, ou comprises dans la zone des opérations de l'armée, le service télégraphique continue à être assuré à l'aide des ressources du

ministère des postes et des télégraphes; toutefois, au personnel civil qui n'est pas considéré comme belligérant peuvent être adjoints des auxiliaires militaires, si le besoin en est reconnu, soit dès le temps de paix, soit au cours de la mobilisation.

Le service du territoire est également chargé en temps de guerre de pourvoir les différents services mobiles de la télégraphie de l'armée, des hommes, effets ou matériel de remplacement qui leur seraient nécessaires. Dans ce but, des ressources en personnel et en matériel sont constituées dès le temps de paix, par des dispositions concertées entre les deux départements intéressés.

§ II. — ORGANISATION EN TEMPS DE PAIX

536. Par qui organisée. — L'organisation de la télégraphie militaire est préparée en permanence, de concert entre les deux ministres intéressés.

A cet effet, dans chaque région de corps d'armée, un fonctionnaire supérieur des postes et des télégraphes est accrédité auprès du commandant de la région. Le service est centralisé à l'état-major général du ministre de la guerre.

Une commission consultative, présidée par un officier général et composée de fonctionnaires du département des postes et des télégraphes et d'officiers des différentes armes, est instituée au ministère de la guerre pour l'étude de toutes les questions de télégraphie militaire.

Un officier général, désigné par le ministre de la guerre, est chargé de l'inspection annuelle des différents services de la télégraphie militaire.

De son côté, le ministre du commerce et de l'industrie peut prescrire des inspections périodiques, ayant pour but de le renseigner au point de vue technique, sur le personnel de ces services ressortissant à son département, ainsi que sur l'état d'en-

tretien et de conservation du matériel.

Le personnel du ministère des postes et des télégraphes est classé par le département de la guerre comme non disponible.

Les états semestriels de situations et de mutations concernant les agents faisant partie des différentes unités instituées, ainsi que les propositions nécessaires pour entretenir les cadres au complet sont fournis par le département des postes et des télégraphes à celui de la guerre.

537. Instruction. — Afin d'être toujours en mesure de remplir les fonctions qui doivent leur incomber en temps de guerre, ce personnel reçoit, dès le temps de paix, une instruction militaire et un complément d'instruction technique.

Le département de la guerre est chargé de fournir les moyens de transports nécessaires.

Les deux départements s'entendent pour assurer la constitution, la conservation et l'entretien du matériel et des approvisionnements d'effets de toute nature nécessaires à l'organisation des diffé-

rents services de la télégraphie militaire et des réserves qu'ils comportent.

Toutes les mesures propres à assurer, en cas de guerre, la prompte mobilisation des directions, sections et parcs, ainsi que le fonctionnement du service télégraphique du territoire, sont arrêtées à l'avance dans chaque région, de concert entre le chef d'état-major du corps d'armée et le fonctionnaire des télégraphes accrédité auprès du commandant.

En cas de mobilisation, le ministère des postes et des télégraphes a pour mission de réunir aux points de formation désignés, le personnel qu'il doit fournir et le matériel dont il a garde en temps de paix.

537 bis. Nous venons de voir sur quelles bases était organisé le système de télégraphie militaire; voyons maintenant les objections que certains tacticiens ont cru devoir faire quant à son emploi.

C'est d'abord l'immobilisation d'un certain nombre d'hommes employés à l'exécution du service et à la surveillance des lignes; c'est la difficulté de trouver un personnel technique suffisant en dehors de celui des administrations civiles, dont une partie sera requise pour prêter son concours à l'armée, mais dont le reste devra continuer à faire fonctionner les bureaux de l'intérieur. Mais ce que l'on redoute surtout, c'est l'habitude d'employer le télégraphe, c'est la dangereuse sécurité dans laquelle on s'endormirait si l'on comptait d'une façon absolue sur ses renseignements et sur l'instantanéité de ses communications.

Jadis, quand un ordre était expédié par exprès, on envoyait deux courriers par chemins différents, chacun porteur d'une copie de cet ordre. Aujourd'hui, on se confie à un fil, à un fil unique qui peut être coupé accidentellement, en écartant même l'hypothèse d'une destruction volontaire

pourtant fort à redouter. On compte sur l'envoi immédiat d'un renfort, d'un secours, et la dépêche est interceptée sans que l'on n'en sache rien. Quand on s'aperçoit de l'accident, il faut envoyer des estafettes; mais l'habitude que l'on a prise de se passer de ce concours a désorganisé ce service; il n'y a rien de préparé, ni chevaux sellés, ni relais échelonnés sur la route, ni même cavaliers habitués à des missions du genre de celles qu'il leur faut inopinément remplir.

Aussi, toute l'attention se porte-t-elle sur la conservation de ce simple fil métallique, sur la continuité duquel repose la sécurité des transmissions. On a été jusqu'à proposer d'en avoir de plusieurs couleurs: de verts pour les plaines gazonnées, de blancs pour les terrains crayeux, etc., afin d'en dérober la vue à l'ennemi. Ce sont là des procédés enfantins. L'œil de l'ennemi, ce sont ses espions; en intimidant les habitants, il obtiendra des renseignements sur la position de la ligne, fût-elle enterrée. Pour assurer sa conservation, on emploiera les moyens en quelque sorte inverses: on fusillera les espions, on menacera les populations des villages voisins des points où l'on aura constaté une rupture de circuit. C'est ainsi qu'ont opéré les Prussiens en 1870 et ils s'en sont bien trouvé.

On a cité ce fait qu'un jeune télégraphiste français, M. Lemercier de Janville, était sorti de Paris en ballon avec l'intention d'embrouiller les fils de l'ennemi et d'enchevêtrer les dépêches d'une ligne avec celles d'une autre, en réunissant plusieurs circuits différents avec un fil de platine presque imperceptible. Il réussit dans son entreprise, mais les Allemands ayant appliqué aux villages voisins le principe de la responsabilité collective, il dut renoncer à continuer son expédition par crainte d'être livré par les habitants aux autorités militaires allemandes.

CHAPITRE IV

ORGANISATION DES POSTES TÉLÉGRAPHIQUES

538. Installation. — Les postes peuvent être à une ou plusieurs directions ; ils peuvent être à une distance telle que leurs piles soient insuffisantes pour attirer l'armature de levier placé au-dessus des électro-aimants, ce qui oblige à recourir à la translation automatique par poste-relai ; enfin, il peut encore arriver que l'on ne dispose que d'une pile pour deux postes. Tels sont les cas particuliers que nous allons examiner sommairement au point de vue de l'installation des postes télégraphiques.

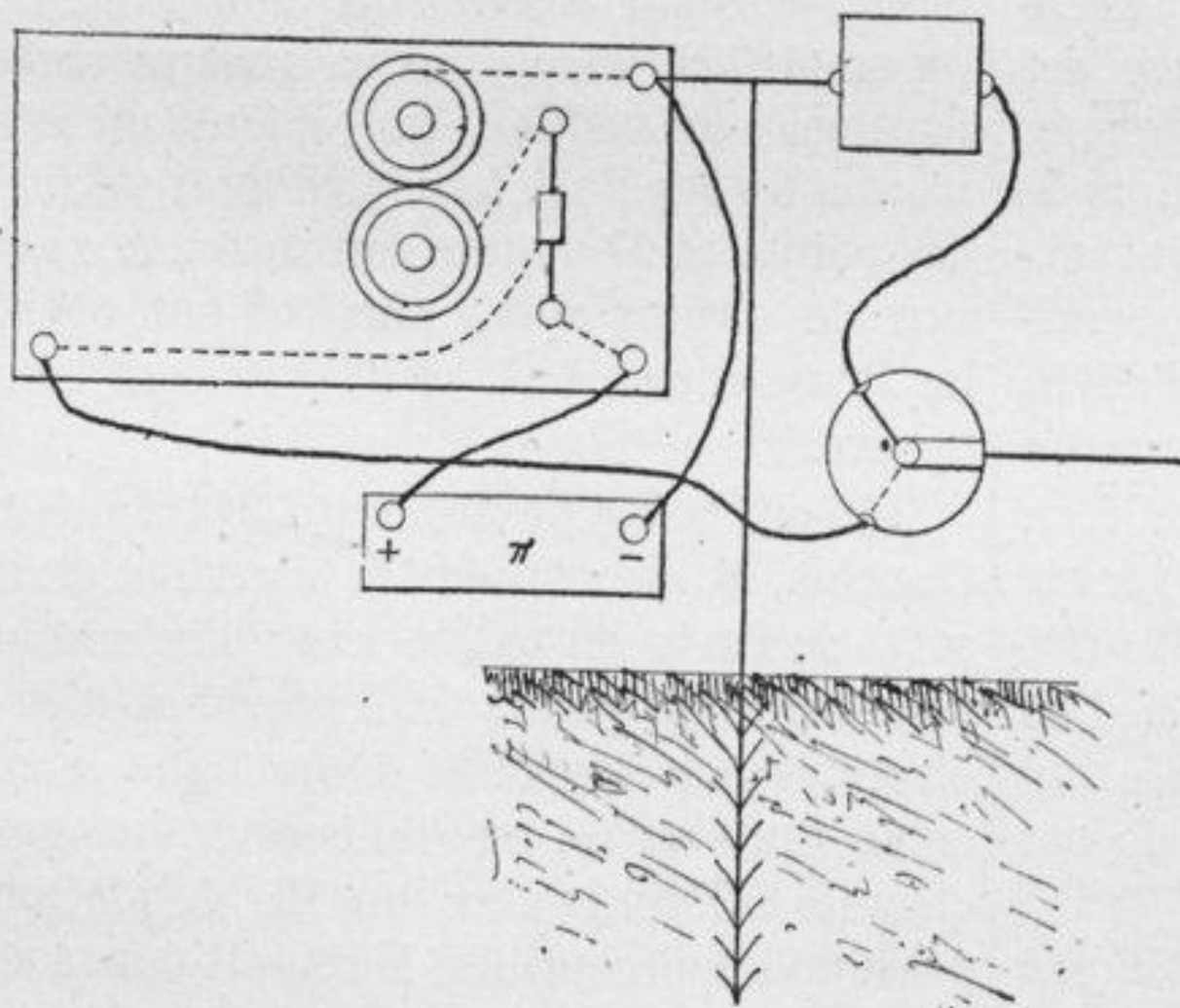


Fig. 301.

539. Poste à une seule direction. — Au repos, le commutateur est tourné sur la sonnerie ; à l'appel du correspondant, le stationnaire de commutateur est placé sur l'appareil pour y amener le courant de la ligne. Il en est de même quand le station-

naire veut communiquer avec son correspondant et lui envoyer son courant. La figure 301 montre cette installation avec les organes accessoires qui sont nécessaires.

540. Postes à deux directions avec un seul appareil. — Si l'on n'a à sa disposition qu'un seul appareil pour desservir les deux directions, il faudra lui ajouter un double jeu de commutateurs C_1, C_2 , et de sonneries S_1, S_2 (fig. 302).

Au repos, les deux commutateurs sont sur sonnerie ; à l'appel d'un des deux correspondants, A_1 , par exemple le commutateur C_1 correspond à l'autre direction, A_2 reste sur sonnerie pendant tout le temps que dure la correspondance avec A_1 , et réciproquement lorsque A_2 communique avec A_1 .

Les boutons a_1, a_2 des commutateurs servent à établir la communication directe entre A_1 et A_2 . Cette communication directe présente des chances d'erreur résultant d'un défaut d'attention du stationnaire du poste A, qui doit surveiller constamment le galvanomètre G, pendant le temps que dure cette communication. De plus, elle n'est pas possible quand la distance qui sépare les postes extrêmes est trop grande pour la force de leur pile. Il faut alors recourir à la translation automatique par poste-relai.

541. Translation automatique par poste-

relai. — Le poste-relai est disposé pour | rant émis par une des deux piles extrêmes.
que la pile locale vienne renforcer le cou- | Le montage d'un poste en translation di-

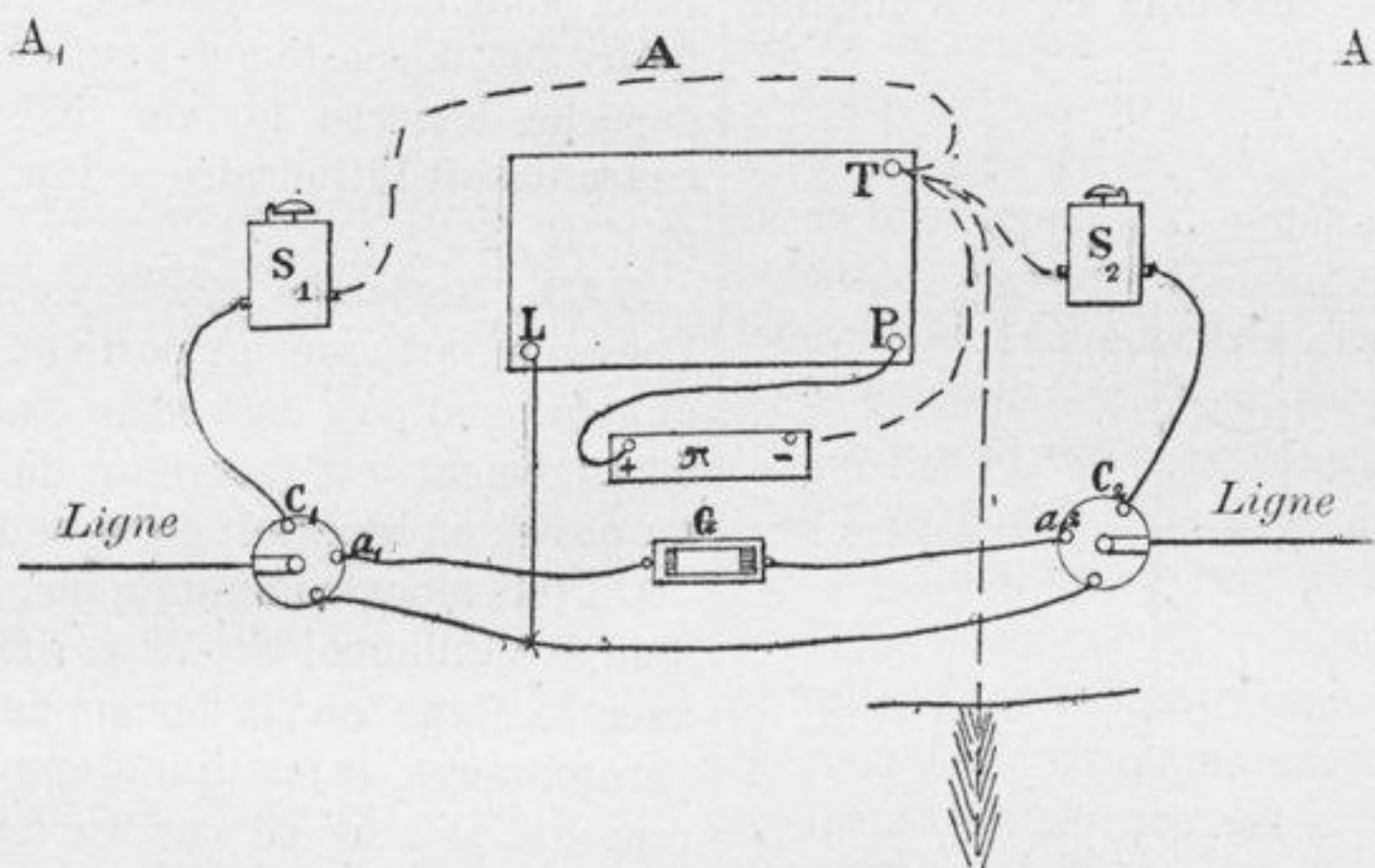


Fig. 302.

recte exige deux appareils. L'interven-
tion de la pile du poste s'obtient par le
dispositif suivant (fig. 303).

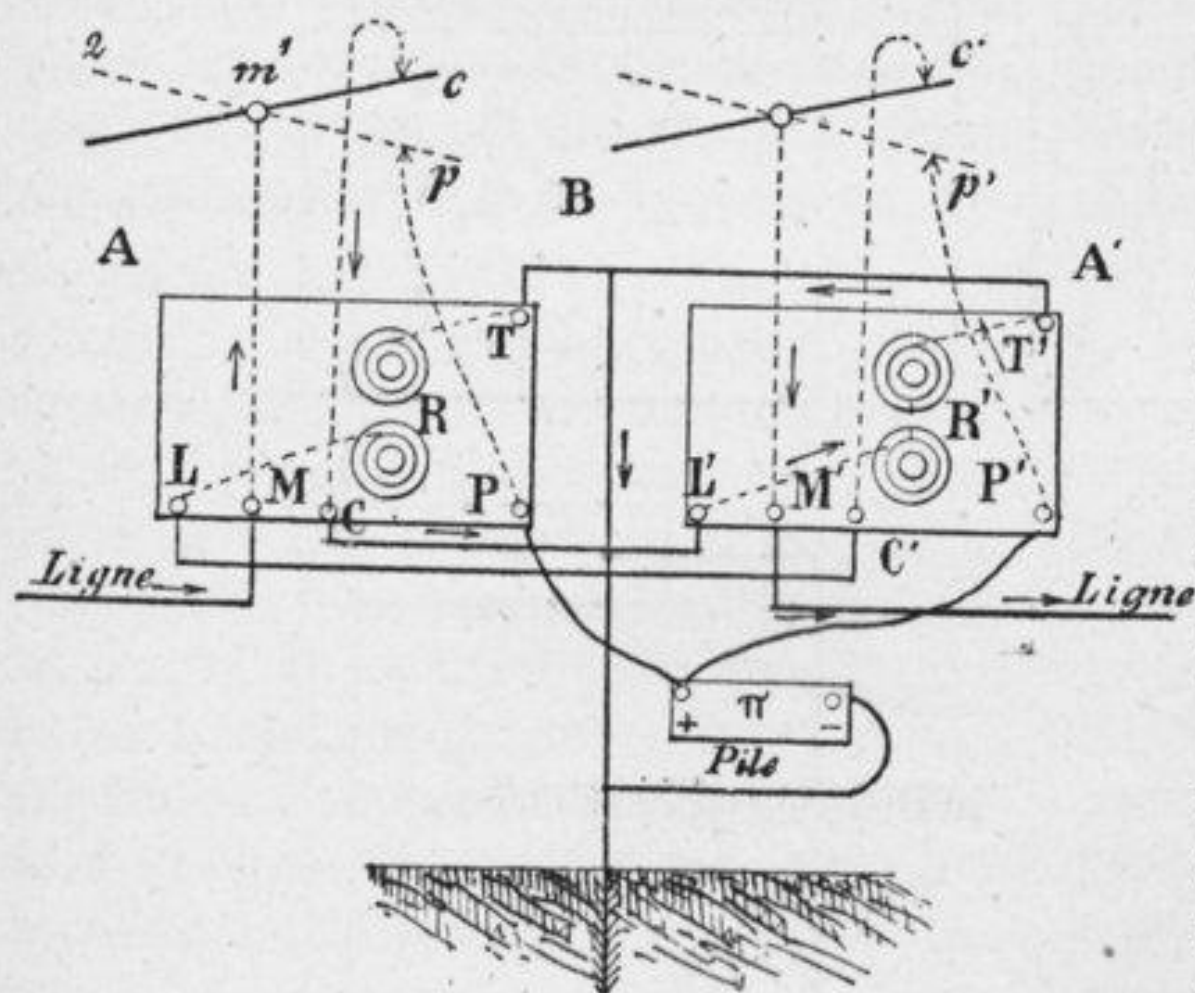


Fig. 303.

Dans chaque appareil, la palette du
récepteur est pourvue des mêmes commu-
nications électriques que le levier du ma-
nipulateur. Son axe *m* communique avec
la ligne, sa vis *p* de la position d'attrac-
tion est en communication avec la pile ;
la vis *C* de la position de repos commu-
nique avec le récepteur de l'appareil voi-
sin. Les bornes *M, P, C, M', P', C'*, assurent

ces communications sur chaque appareil.

Pour passer de *A* en *A'*, le courant ve-
nant par la ligne *L*, passe par *M, m, c, C*,
et arrive par *L'* sur le récepteur du
second appareil, où il fonctionne à
la façon habituelle.

La palette de cet appareil étant
attirée sur la vis *p'*, le courant ar-
rive par *P, P', m'* et *T'* pour s'écou-
ler à travers la ligne, vers le poste
A'. Le courant du poste *B* s'est
ainsi substitué à celui du poste *A*,
pour continuer sa mission jus-
qu'au poste *A'*.

De même pour les commu-
nications directes de *A'* à *A*. On voit
que le principe de la translation
automatique est fondé sur l'assi-
milation qui est faite de la palette-
levier du récepteur à un vrai mani-

pulateur automatique.

542. Cas d'une seule pile pour deux postes. — Lorsque, par suite d'accident ou
par toute autre cause, on manque d'une
pile dans l'un des deux postes qui doi-
vent communiquer ensemble, la commu-
nication est néanmoins possible avec le
poste sans pile, en utilisant celle de l'ap-
pareil qui doit correspondre avec lui.

A cet effet, on donne un montage particulier aux deux appareils qui doivent communiquer ensemble et l'on modifie les communications.

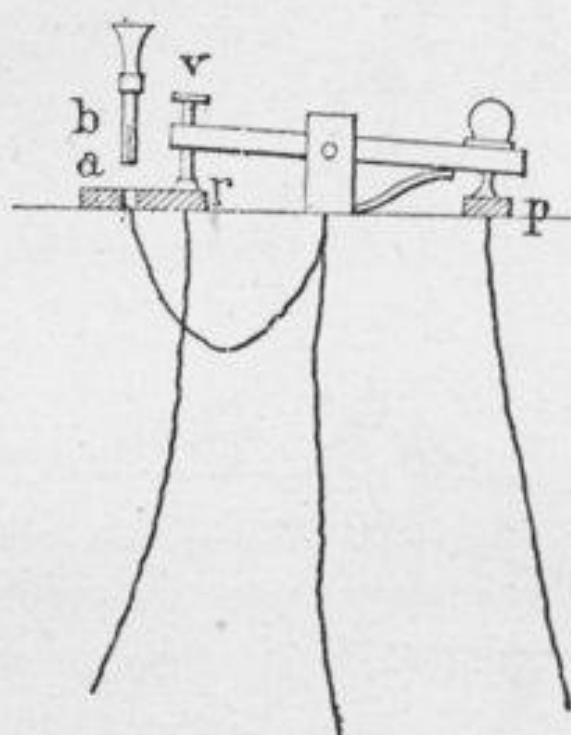


Fig. 304.

Les deux vis V des deux manipulateurs sont serrées au refus (fig. 304). Le butoir r est mis en communication permanente

avec l'axe du levier par la borne métallique a et la cheville b. Les communications sont établies comme l'indique la figure 305. Le poste qui veut envoyer une dépêche desserre la vis du butoir. Le courant suit l'itinéraire π , P, p, r, R, T, P', p', r', R', T'.

543. Recherche des dérangements. — Lorsqu'on attaque un poste et que celui-ci ne répond pas, on vérifie d'abord si le dérangement est intérieur ou extérieur au poste; en séparant celui-ci de la ligne.

On fait alors communiquer, au moyen d'un fil auxiliaire, le pôle positif de la pile avec la ligne ou la borne de sortie du paratonnerre, le manipulateur restant au repos, et si dans ce cas les appareils de réception ne fonctionnent pas, c'est dans le poste que se trouve le dérangement.

544. Dérangement dans le poste. — On

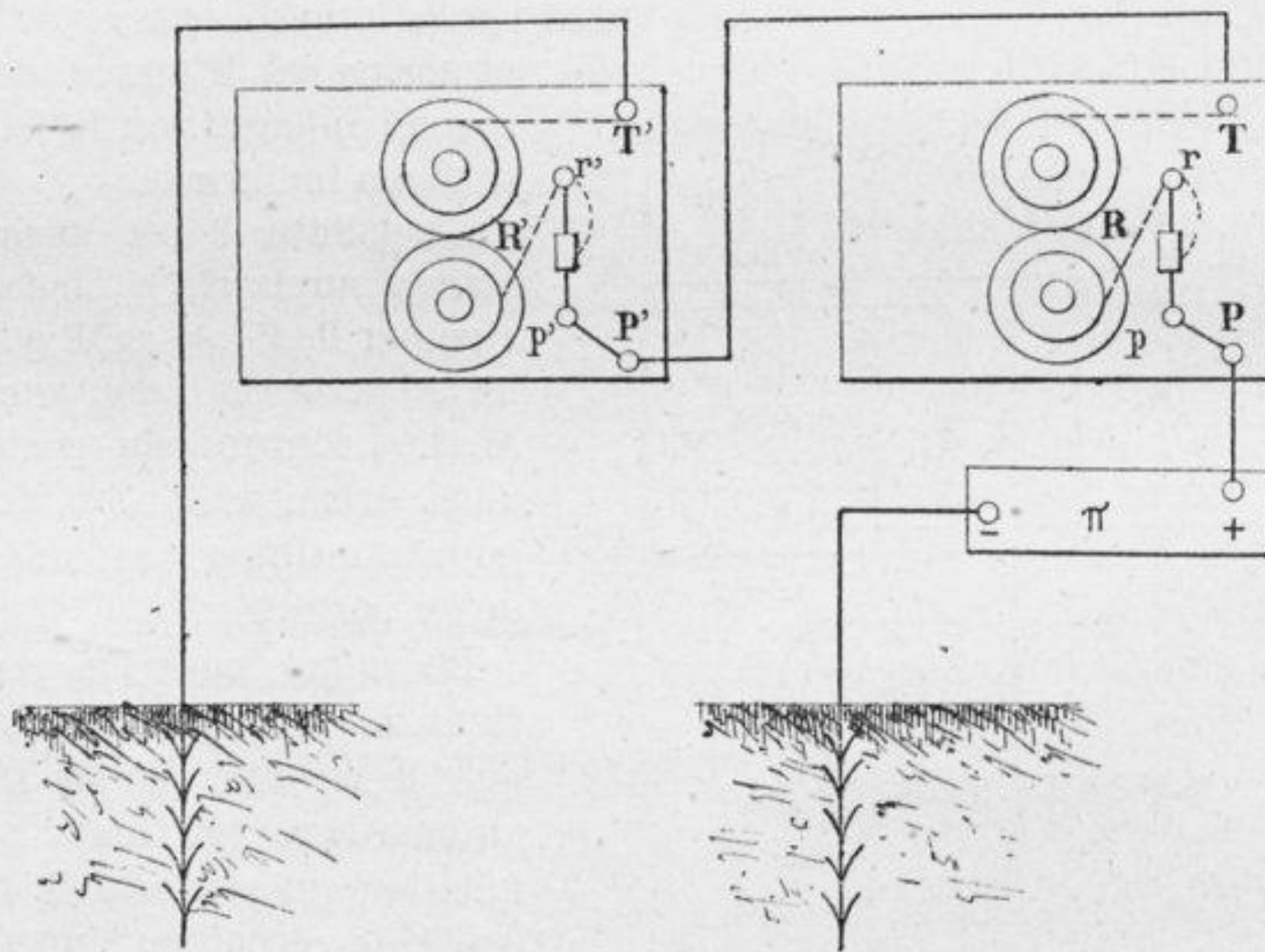


Fig. 305.

vérifie d'abord la pile, pour voir si l'eau manquerait ou si les efflorescences salines, n'étant pas enlevées, créeraient entre les éléments des contacts nuisibles. Après avoir remédié à ces défauts, on vérifie la pile indépendamment de l'appareil, c'est-à-dire en enlevant le fil auxiliaire que l'on y a mis.

Lorsqu'on est sûr que le dérangement

ne vient pas de la pile, on examine ensuite l'appareil; on s'assure que toutes les bornes sont bien serrées à fond, que les contacts ne sont pas couverts de rouille ou de poussière. On vérifie ensuite la position des commutateurs, celle des paratonnerres, les communications, etc.

Si le défaut échappe à la vue, on cher-

chera à le localiser en isolant les différentes parties de l'appareil les unes des autres et en les essayant séparément avec un galvanomètre ou un électro-aimant, jusqu'à ce qu'on ait rencontré le tronçon défectueux.

545. Vérification du fil de terre. — L'appareil étant disposé comme il est dit plus haut, c'est-à-dire dans le pôle positif de la pile, relié par un fil auxiliaire avec la ligne ou la borne de sortie du paratonnerre, si, dans ce cas, les appareils de réception fonctionnent bien, c'est que la communication avec la terre est mauvaise ou que le dérangement est extérieur au poste.

Pour vérifier le fil de terre, on plante deux piquets de terre à une dizaine de mètres l'un de l'autre, puis l'on vérifie soit au moyen d'un parleur, soit au moyen d'un galvanomètre, si le courant de la pile se ferme.

Si cela a lieu, c'est que la terre où sont placés les deux piquets offre assez de conductibilité et elle constituera une communication suffisante avec le poste du cor-

respondant. Si l'on ne parvenait pas à établir une communication convenable avec la terre, il faudrait avoir recours au fil de retour.

546. Dérangement extérieur au poste. — Lorsqu'après avoir vérifié le poste et le fil de terre comme il vient d'être dit, on constate que ces parties fonctionnent bien, il faut en conclure que le dérangement existe à l'extérieur du poste.

Il n'y a d'autre ressource alors que d'aller parcourir la ligne et de la réparer, s'il y a lieu, ou de rechercher, dans le poste correspondant, l'interruption du circuit qui arrête la correspondance. Dans le cas où le simple examen d'une ligne rampante ne permettrait pas de trouver l'endroit où s'est produite la rupture, ce qui peut arriver, par exemple lorsque, par suite d'une forte tension, le fil intérieur s'est rompu sans que l'enveloppe se soit déchirée, on envoie un courant continu sur la ligne et on essaie le conducteur à chaque ligature, à l'aide d'une boussole ou d'un parleur et d'un piquet métallique enfoncé en terre et arrosé d'eau.

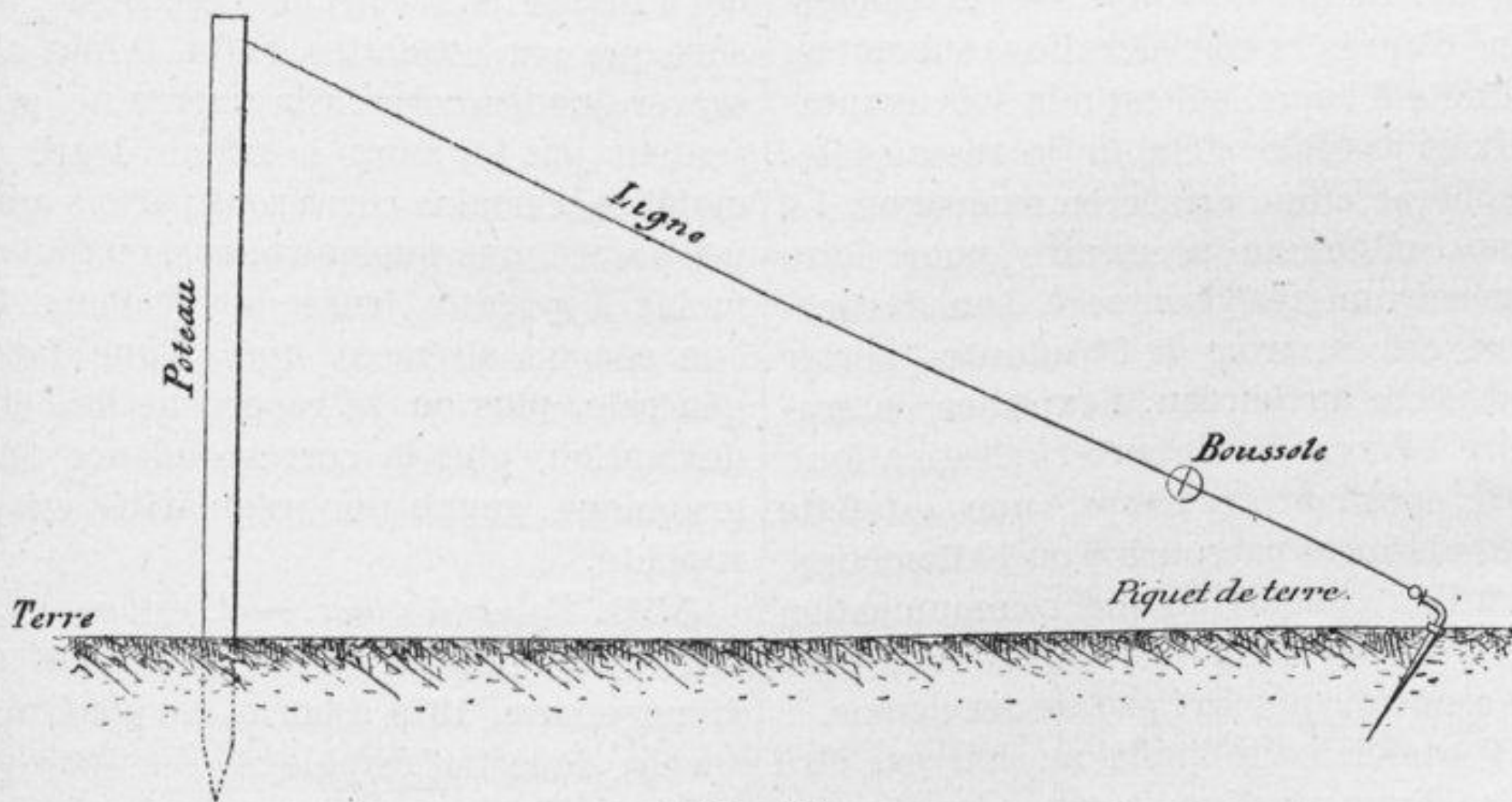


Fig. 306.

La figure 306 donne une idée de cette opération.

Les lignes souterraines s'essayent de la même manière.

547. Installation de la voiture-poste. — La mise en station d'une voiture-poste s'explique pour ainsi dire d'elle-même. On choisit son emplacement, on dételle

les chevaux et l'on introduit les fils par les faire aboutir aux appareils installés
les ouvertures qui leur sont affectées pour dans le coupé.

CHAPITRE V

CONSTRUCTION DES LIGNES MILITAIRES

548. Nous aurons à considérer successivement : 1° quels sont, dans une armée en campagne, les éléments à relier télégraphiquement ; 2° le tracé général des lignes télégraphiques ; 3° la construction des lignes militaires.

ÉLÉMENTS A RELIER TÉLÉGRAPHIQUEMENT DANS UNE ARMÉE

549. *Limite de temps.* — On a déterminé d'après les considérations suivantes, la limite à laquelle il est à la fois avantageux et possible d'établir le réseau télégraphique d'une armée en campagne. Le temps minimum nécessaire pour faire parvenir un télégramme à son destinataire est environ de 30 minutes (porter la dépêche au bureau, l'expédier, la traduire à l'arrivée et la porter à destination).

Or, pendant ce temps, une estafette peut aisément parcourir 6 ou 7 kilomètres, d'où l'on conclut qu'une communication électrique ayant moins de 6 à 8 kilomètres ne rendrait que fort peu de services.

Toutefois cette limite ne doit pas être prise d'une manière absolue ; les chemins peuvent être difficiles, le terrain très accidenté, les cavaliers peuvent être parfois forcés, par suite d'obstacles infranchissables, à d'assez longs détours ; il ne faut pas oublier non plus que la correspondance

de nuit par le télégraphe est bien plus sûre que par estafettes, enfin, il faut observer que les corps à la guerre ne présentent pas toujours le même degré de mobilité ; certains corps sont parfois amenés à stationner quelque temps, ou tout au moins à ralentir leurs mouvements. Or l'on conçoit aisément que, d'une façon générale, plus on se rapproche de l'état de station, plus la correspondance télégraphique gagne en régularité et en rapidité.

550. *Points à relier.* — C'est pour ces différentes raisons que le règlement du 19 novembre 1874 a borné en général le service de la télégraphie :

1° A relier le quartier général principal avec les quartiers généraux des commandants de corps d'armée, et à assurer les communications avec le réseau d'opérations ;

2° A relier à l'un des quartiers généraux

spécifiés, le chef d'une troupe temporairement détaché pour une mission spéciale, quelle que soit du reste la force numérique de cette troupe.

Cependant il pourra arriver qu'il y ait intérêt majeur à établir une communication électrique à des éléments plus rapprochés, et pousser parfois les lignes jus-

qu'aux réserves des avant-postes et même jusqu'aux grand'gardes.

Dans ce cas, les sections de première ligne n'auront qu'à allonger leur réseau par les moyens habituels et en se servant, dans la partie la plus rapprochée de l'ennemi, du câble dit d'avant-poste dont les chariots sont pourvus.

§ II. — TRACÉ GÉNÉRAL DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES

Deux cas.

551. Deux cas bien différents peuvent se présenter : 1° l'armée marche en avant ; 2° l'armée marche en retraite.

PREMIER CAS, — MARCHÉ EN AVANT

552. Pour une armée constituée et se portant en avant, le maintien ou l'éta-

blissement des communications télégraphiques entre ses différents corps d'armée et le quartier général peuvent s'obtenir par deux systèmes : le système des transversales et le système des parallèles.

trois corps ayant leurs quartiers généraux en A, B, C, et le grand quartier général de l'armée en G (fig. 307).

Le système des transversales consiste à établir pour chacune des positions successives occupées par l'armée, après chaque jour de marche, des lignes qui se développent transversalement aux directions suivies par les corps, et qui rattachent entre eux et avec le grand quartier

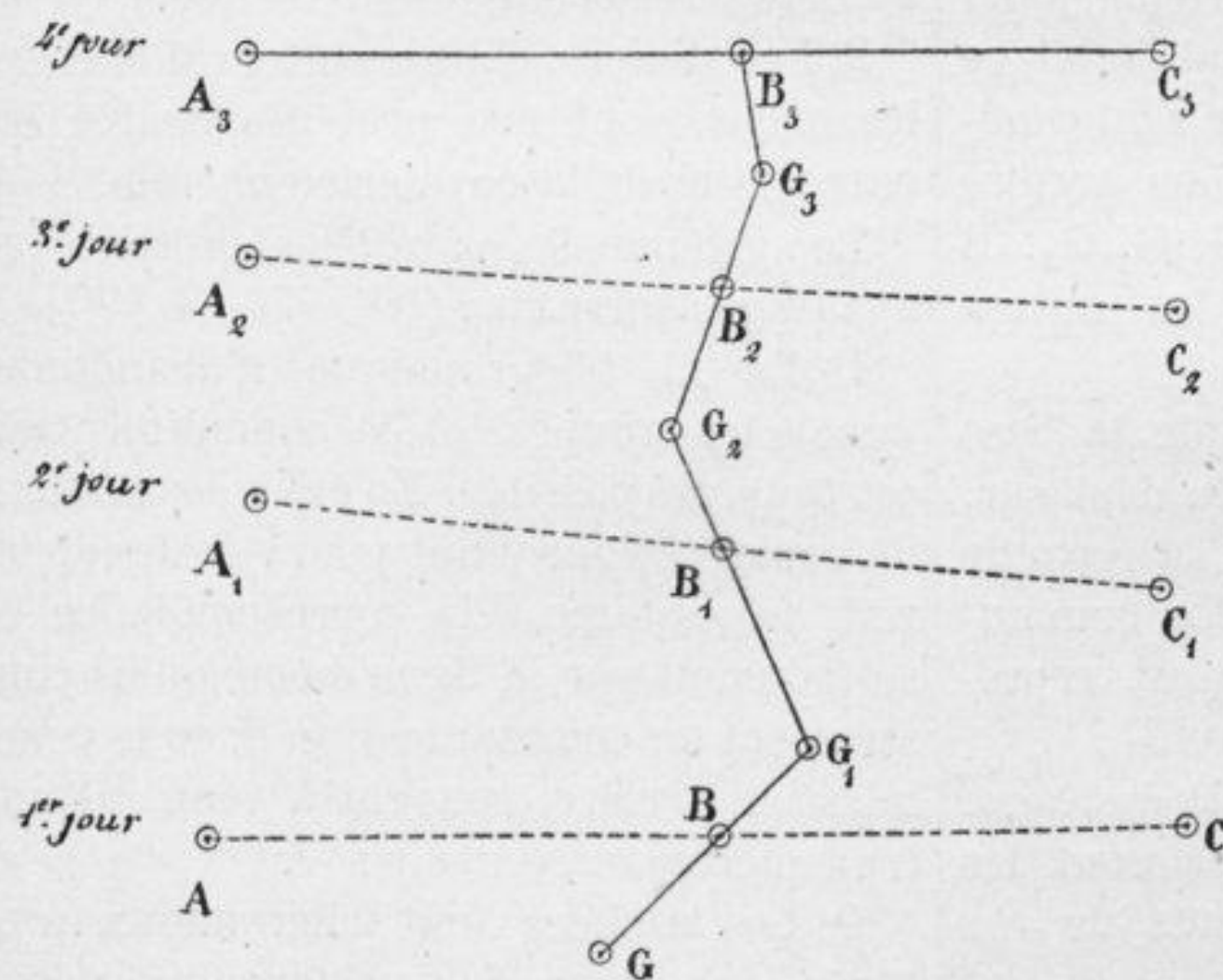


Fig. 307.

blissement des communications télégraphiques entre ses différents corps d'armée et le quartier général peuvent s'obtenir par deux systèmes : le système des transversales et le système des parallèles.

553. *Système des transversales.* — Nous supposons l'armée composée de

trois corps ayant leurs quartiers généraux en A, B, C, et le grand quartier général de l'armée en G (fig. 307).

554. *Système des parallèles.* — Le système des parallèles consiste à développer les lignes sur les routes mêmes que suivent les quartiers généraux (fig. 308); on a ainsi

une ligne centrale G, G_1, G_2, G_3 , suivant les étapes du grand quartier général et flanquée d'autant de lignes parallèles qu'il y a de corps d'armée. Toutes ces lignes partent nécessairement d'une transversale G, A, B, C , comme base.

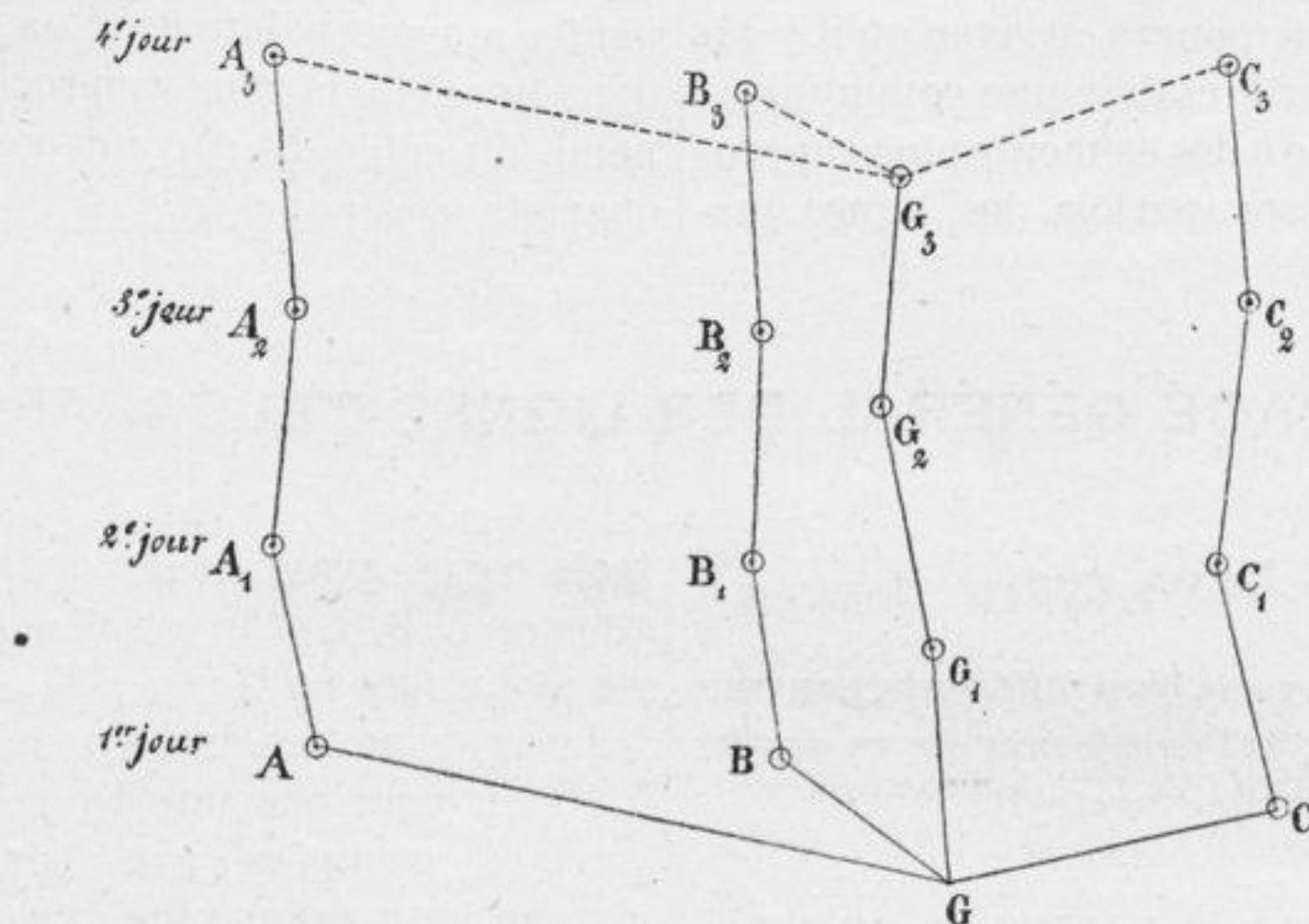


Fig. 308.

La communication d'un quartier général C_3 , par exemple au quatrième jour, avec le grand quartier général établi ce jour-là en G_3 , se fait alors par l'intermédiaire de tout le réseau laissé en arrière et suit la ligne $C_3 C_2 C_1, C, G, G_1, G_2, G_3$. Il en est de même de toutes les autres communications.

Lorsqu'on est trop éloigné de la base primitive G, A, B, C , on peut la déplacer, par exemple, en G_3, A_3, B_3, C_3 , et repartir de cette nouvelle base pour les communications au delà (cette base est représentée en pointillé sur la figure).

555. Comparaison des deux systèmes.

— Examinons maintenant quels sont les avantages et les inconvénients de ces deux systèmes.

Le système des transversales a l'avantage de développer le moins de fil possible et de ne pas gêner les mouvements des troupes en arrière; mais il présente les inconvénients suivants :

1° Les troupes sont privées de la communication électrique depuis le moment où elles quittent leurs positions jusqu'à

celui où, après leur arrivée à l'étape, les ateliers ont accompli leur tâche;

2° Les ateliers, dans les intervalles entre les corps, sont peu protégés contre les entreprises de la cavalerie ennemie.

Le système des parallèles présente les avantages suivants :

1° Le fil télégraphique n'abandonne jamais les troupes, et la communication est toujours possible. En effet, les ateliers de constructions étant pourvus des appareils nécessaires à la correspondance et se trouvant par la ligne même qu'ils construisent en communication avec le poste laissé en arrière, peuvent à tout instant transmettre et recevoir;

2° Les ateliers sont bien mieux protégés que dans le système précédent contre les entreprises de l'ennemi, car ils opèrent sur la route principale, suivie par les troupes, et non pas dans les intervalles entre les corps d'armée;

3° Dans la pratique, les travaux d'établissement des lignes seront souvent simplifiés, attendu que les ateliers, suivant comme les corps eux-mêmes les grandes

voies de communication, pourront souvent utiliser les parties non détruites des lignes existantes, notamment les supports pour les conducteurs, etc.

En effet, il est probable que, étant donnée la densité du réseau télégraphique qui existe aujourd'hui en Europe, on aura rarement à construire de nouvelles lignes sur une grande étendue, mais qu'on aura plus fréquemment à rétablir des lignes endommagées et abandonnées par l'ennemi. Or la destruction complète d'une ligne est un fait très rare, car l'ennemi a besoin du télégraphe jusqu'au dernier moment, et cette destruction serait longue et difficile. On pourra donc admettre que les lignes abandonnées ne subiront généralement que des dégâts partiels, et qu'on pourra les utiliser après certaines réparations, ce qui simplifiera considérablement l'établissement des communications parallèles.

En revanche, le système des parallèles offre les inconvénients suivants :

1° Si pour une cause quelconque, il survient un retard dans la construction, les ateliers qui d'habitude suivent immédiatement le gros de l'avant-garde peuvent se trouver au milieu des troupes et ne plus être en mesure de travailler, du moins sans une gêne très grande ;

2° Il exige beaucoup plus de fils que le système des transversales et tend ainsi à épuiser les provisions de matériel.

On remédie à cet inconvénient en relevant le matériel en arrière par tous les moyens possibles, et en le reportant en avant par les voies les plus rapides, en même temps on reporte en avant la transversale qui avait servi jusqu'alors de base. Un semblable travail impose un grand surcroît de fatigue aux ateliers, aussi profite-t-on de tous les jours de repos de l'armée pour l'exécuter, et dans la pra-

tique les temps d'arrêt dans la marche en avant sont assez fréquents.

2^e CAS. — MARCHÉ EN RETRAITE

556. Dans le cas d'une marche en retraite, le système des transversales est tout à fait impraticable, car il serait impossible de relever ses lignes avant qu'elles soient enlevées par l'ennemi.

Avec le système des parallèles, au contraire, on peut encore conserver la communication télégraphique entre les quartiers généraux, en relevant les lignes à mesure que les troupes abandonnent le terrain. Si les directions suivies par les corps en retraite étaient différentes de celles de la marche primitive en avant, il faudrait, avec toutes les ressources dont on disposerait, créer rapidement un nouveau réseau de parallèles, se rattachant à une base à deux ou trois journées de marche en arrière, dans la direction désignée pour le point de concentration des troupes en retraite. Ce serait une tâche extrêmement pénible, mais aussi des plus utiles au point de vue des opérations de l'armée.

CONCLUSIONS

557. En résumé, on peut conclure de ce qui précède, qu'on ne doit pas, d'une manière absolue, recommander tel système à l'exclusion de l'autre, mais que dans chaque cas, il y aura lieu de se guider d'après les circonstances particulières ou locales.

On peut observer, toutefois, que le système des parallèles est d'un emploi plus général que celui des transversales, et que, lorsqu'on aura le choix, il devra lui être préféré, à cause de l'avantage qu'il présente de conserver la communication en marchant.

§ III. — CONSTRUCTION ET RELÈVEMENT DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES

PRINCIPES GÉNÉRAUX

558. Nous empruntons à l'aide-mémoire de télégraphie militaire, les principes généraux que l'on doit observer pour la construction des lignes militaires :

« Les communications sont constituées autant que possible en utilisant les ressources fournies par le réseau du pays. Lorsqu'il est nécessaire d'en construire de nouvelles ou de réparer celles qui existent, on fait usage du câble protégé par tous les moyens qu'offre la route à suivre, ou de fil nu supporté par des isolateurs légers.

« Afin que le service télégraphique n'ait pas à opérer sur des parties de routes occupées par les colonnes en marche et de lui permettre néanmoins d'ouvrir ses postes en temps utile, les ateliers, accompagnés des seules voitures nécessaires au travail, devront en général suivre l'avant-garde et procéder à la construction dans l'intervalle compris entre l'avant-garde et le gros des troupes.

« L'atelier qui sera chargé de la consolidation de la ligne se tiendra, à moins d'ordres contraires, dans l'intervalle qui sépare l'arrière-garde du train régimentaire.

« La surveillance et l'entretien journalier sont confiés aux agents du service télégraphique. A cet effet, chaque ligne doit être visitée au moins une fois par jour par des agents qui partent de deux postes voisins, vont à la rencontre les uns des autres et effectuent les travaux de réparation et de consolidation nécessaires.

« La protection est assurée par les colonnes elles-mêmes, par l'escorte des convois et par des patrouilles spéciales constituées et organisées suivant les instructions du chef d'état-major général.

« Toutes les troupes ont pour consigne

d'éviter toute détérioration des lignes, d'avertir au contraire le service télégraphique des accidents qui y sont constatés et d'interdire à toute personne étrangère au service de toucher, soit au fil, soit à tout autre objet du matériel télégraphique.

« Les localités sont rendues responsables de tous les dégâts commis dans l'étendue de leur territoire, et l'autorité civile est mise en demeure de faire connaître au commandement les dégradations qui se sont produites.

« En cas de rupture des lignes, les cavaliers attachés aux parcs peuvent être envoyés sur le parcours pour vérifier, d'après les indications qui leur sont données, l'état du fil conducteur et pour le réparer provisoirement lorsque la chose sera possible. »

559. Modes de construction. — Le câble est en principe déroulé par le chariot, toutes les fois que ce véhicule peut circuler; ce n'est qu'à défaut de chemin praticable, ou lorsque la route n'est pas libre, que l'on emploie la brouette pour le déroulement.

560. Matériel roulant. — Le matériel roulant mis à la disposition d'un atelier est le suivant :

- Une voiture-poste ;
- Une voiture-dérouleuse ;
- Un chariot de travail ;
- Un fourgon.

561. Composition d'un atelier. — Nous avons vu au chapitre III qu'un atelier de construction se compose de : un sous-chef d'atelier et de dix ouvriers commandés par un chef de poste et remplissant les fonctions suivantes :

- Un marqueur ;
- Un dérouleur ;
- Un aide-dérouleur ;

Un distributeur ;
 Deux aides-distributeurs ;
 Deux monteurs ;
 Deux aides-monteurs.

562. Chef de poste. — La mission du chef de poste est de compléter le tracé général par une étude détaillée de la route à suivre, et de prendre toutes les mesures qui devront assurer le bon fonctionnement de la ligne. Il effectue ses reconnaissances à l'aide de cartes détaillées et sur des longueurs de 2 à 3 kilomètres à la fois (fig. 309).

Dans l'intervalle des reconnaissances, il se tient de préférence auprès du marqueur, afin de lui donner toutes les indications nécessaires sur le choix des points d'appui, ainsi que sur le choix des terrains où la plantation des perches doit être effectuée.

Il surveille également toutes les opérations auxquelles les diverses escouades procèdent, afin d'être sûr que partout ses ordres ont été convenablement exécutés, et que la ligne est à l'abri de toute atteinte ou suffisamment protégée.

Il prend note sur un carnet spécial des opérations exécutées chaque jour par son atelier, des incidents survenus et de la situation du matériel posé, consommé ou disponible à la fin du travail de la journée.

En ce qui concerne le tracé de détail, le premier soin du chef de l'atelier est de rechercher toutes les protections naturelles qui pourront être utilisées en vue d'assurer le bon fonctionnement de la ligne. C'est ainsi qu'il doit s'attacher à profiter des fossés impraticables aux voitures ou aux cavaliers, des haies vives, murs de clôture, talus escarpés, etc., et à éviter les fossés accessibles aux troupes et en général, ceux où le câble serait exposé à être détruit par des feux de bivouac.

Il prescrit un changement de côté toutes les fois qu'en adoptant cette mesure, le câble se trouve, sur une longueur appréciable, appuyé contre les murs, façades de maisons ou arbres offrant des points d'appui

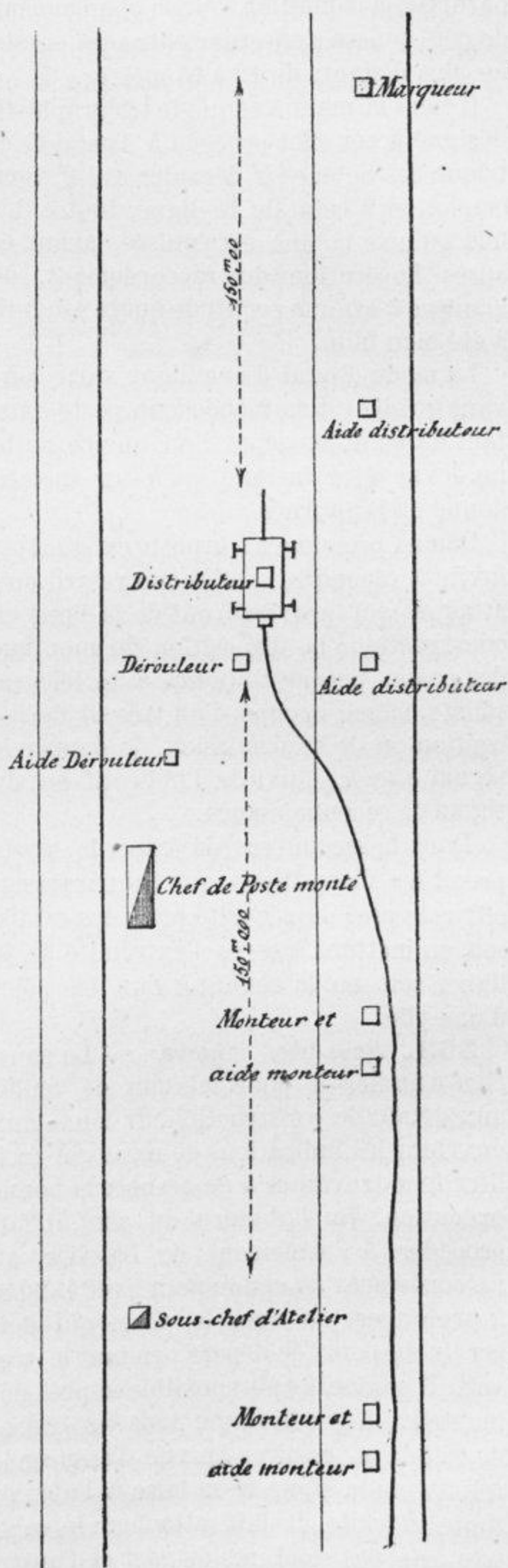


Fig. 309.

naturels, à condition que le changement de côté puisse s'effectuer entre des points au plus distants de 12 à 15 mètres.

Il tient la main à ce que le télégraphiste désigné à cet effet procède à l'essai électrique des bobines à dérouler avant leur emploi, et à celui de la ligne, toutes les fois qu'une bobine est épuisée, avant et après l'opération du raccordement, de manière à avoir la certitude que la soudure a été bien faite.

Le mode d'essai d'une ligne varie suivant qu'elle est rattachée à un poste existant au point de départ, ou que ce poste ne devra être installé qu'à un instant donné de la journée.

Dans le premier cas, le poste existant est invité à répondre, sans aucun retard, aux attaques qui proviendront de la ligne en construction; la disposition du montage des postes permet toujours à un télégraphiste, même occupé d'un travail de réception ou de transmission, de donner le signal *attente*, suivi de l'indicatif ou du signal de reconnaissance.

Dans le second cas, le chef de poste prend les dispositions qui lui paraissent offrir le plus de sécurité pour les essais, soit en mettant à terre l'extrémité de la ligne, soit en la reliant à l'un des pôles d'une pile.

563. Sous-chef d'atelier. — Le sous-chef d'atelier a pour mission de veiller aux détails de construction. Il donne aux ouvriers les indications de nature à faciliter leur travail et à en assurer la bonne exécution. En l'absence du chef, il fait procéder à l'armement de l'atelier, au raccordement du conducteur avec la ligne à prolonger, ou avec le poste qui doit servir de point de départ pendant le travail. Il se tient le plus possible auprès des monteurs à qui il donne tous les ordres de détails nécessaires en vue d'assurer la solidité de la ligne et sa mise à l'abri de toute atteinte. Il fait attacher le câble très près des soudures de part et d'autre, afin de diminuer le plus possible les effets

de la tension sur ces points faibles. Dans les traversées de route, lorsque le câble est fixé des deux côtés à des branches d'arbres que le vent peut agiter, et afin d'éviter une rupture accidentelle qui résulterait du balancement des branches, il fait attacher le câble assez haut pour qu'il ne soit pas nécessaire de le tendre, tout en le maintenant à 5^m,50 de hauteur en son point le plus bas.

Dans l'emploi de tranchées où le câble doit être enfoui, il fait enlever avec le plus grand soin les pierres dures à parties saillantes ou coupantes qui, sous l'action d'une pression exercée sur les terres, pourraient détériorer le câble et même le mettre hors de service.

Dans le cas où le terrain est trop dur pour être entamé assez profondément et où, cependant, le câble ne peut être déroulé autrement que sur le sol, il fait employer tout procédé de protection qui lui semble efficace, par exemple : recouvrir le câble de branchages, d'herbes, de planches, s'il est possible de s'en procurer, etc.

Le sous-chef d'atelier est en outre chargé de faire l'essai de la ligne toutes les fois qu'une bobine est épuisée, c'est-à-dire à chaque kilomètre avant et après le raccordement, pour s'assurer que le joint a été bien fait. Lorsque la ligne part d'un poste déjà établi, les essais se font en attaquant ce poste qui est tenu de répondre immédiatement.

Si le poste ne doit être installé qu'à un certain moment de la journée, l'essai peut se faire, soit en mettant à terre l'extrémité de la ligne qui a servi de point de départ, soit en la reliant à l'un des deux pôles d'une pile, placée sous la garde d'une troupe occupant la localité, l'autre pôle de la pile étant mis en communication avec la terre.

564. Marqueur. — Le marqueur complète, au point de vue des détails, l'étude faite par le chef de poste. Il se tient à environ 150 mètres en avant du chariot, et indique aux distributeurs la nature du

matériel à déposer. Pour ces indications, il se sert de signes conventionnels qu'il trace sur la route, sur les murs, sur les arbres, etc., à l'aide de la pioche, de fiches, de craies de différentes couleurs, ou de charbon dont il est muni (fig. 310).

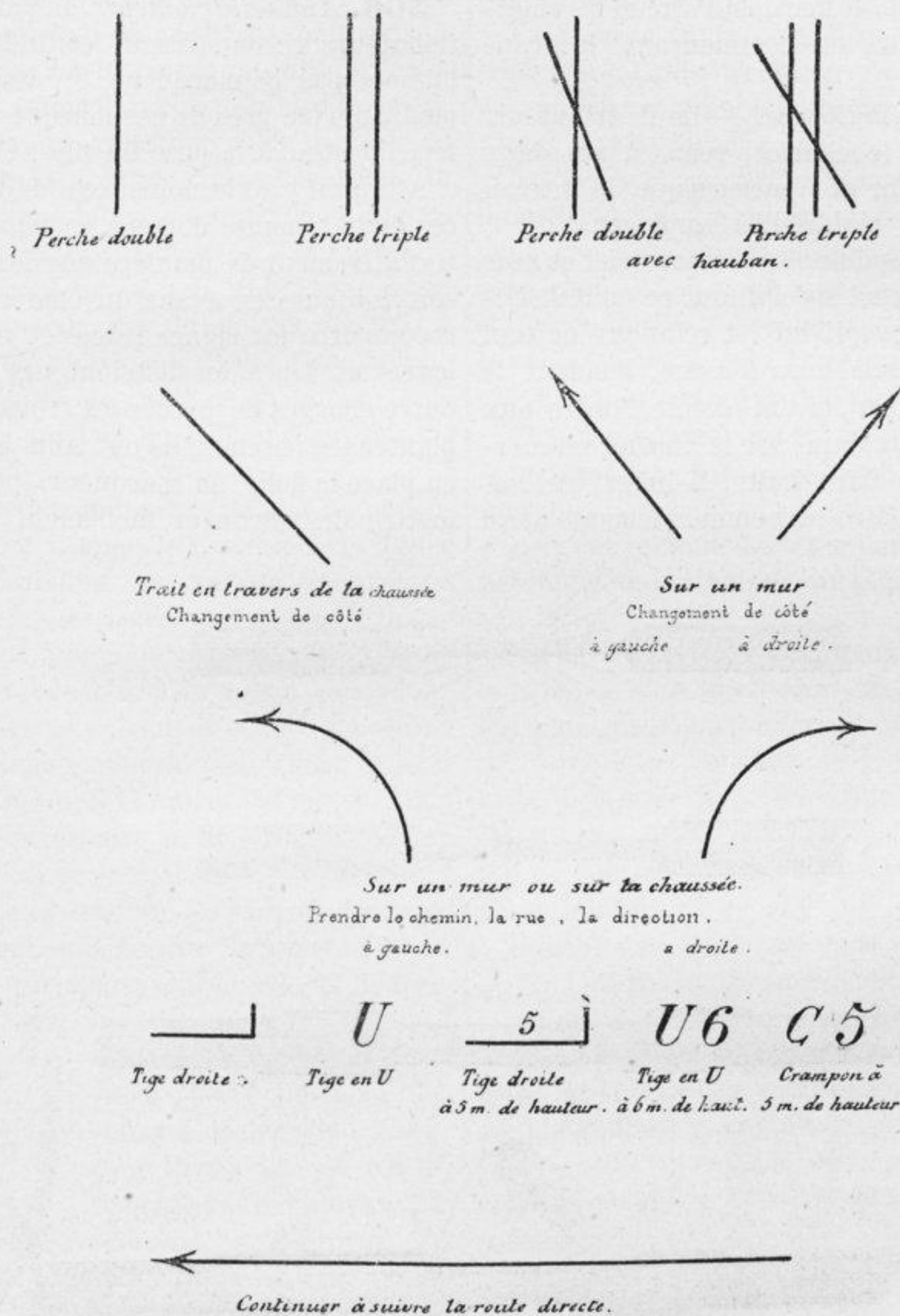


Fig. 310.

Dans les tournants, s'il perd le chariot de vue, il fait halte à 100 mètres du dernier point visible en arrière, et attend, pour marcher de nouveau en avant que le chariot débouche.

Aux points de croisement des routes

ou des rues, il ne s'engage sur une nouvelle voie qu'autant qu'il est bien en vue des conducteurs de la voiture. Si la ligne doit quitter la route pour suivre un chemin ou sentier impraticable pour la voiture du déroulement, le marqueur

fait halte au point de bifurcation et y attend les instructions du chef de l'atelier. Aux passages où le câble doit être enfoui en tranchée, le marqueur attend les aides-distributeurs en commençant la tranchée.

565. Distributeur. — Le distributeur, placé sur le chariot, remet à ses deux aides, au fur et à mesure que le travail avance, le matériel à employer.

Il est responsable de ce matériel et note sur un carnet spécial tout ce qu'il distribue, tout ce qui lui est réintégré et tout ce qui est mis hors d'usage. Pendant le travail, c'est lui qui donne l'ordre aux conducteurs de mettre le chariot en marche ou de faire halte. Il lui est recommandé de faire ses commandements aussi

rarement que possible, afin de diminuer la fatigue que les arrêts et les départs imposent aux attelages.

566. Aides-distributeurs. Les aides-distributeurs reconnaissent les indications laissées par le marqueur, et déposent à pied d'œuvre près de ces marques le matériel destiné à la pose du fil.

Afin qu'il y ait le moins possible d'arrêts, ces deux hommes doivent se dépasser alternativement de manière que l'un d'eux soit toujours en avant du chariot, pour reconnaître les signes tracés et préparer le travail. Les aides-distributeurs sont en outre chargés de percer les trous pour y planter les perches; ils ont soin de laisser en place la fiche du marqueur, pour permettre de retrouver facilement le trou,

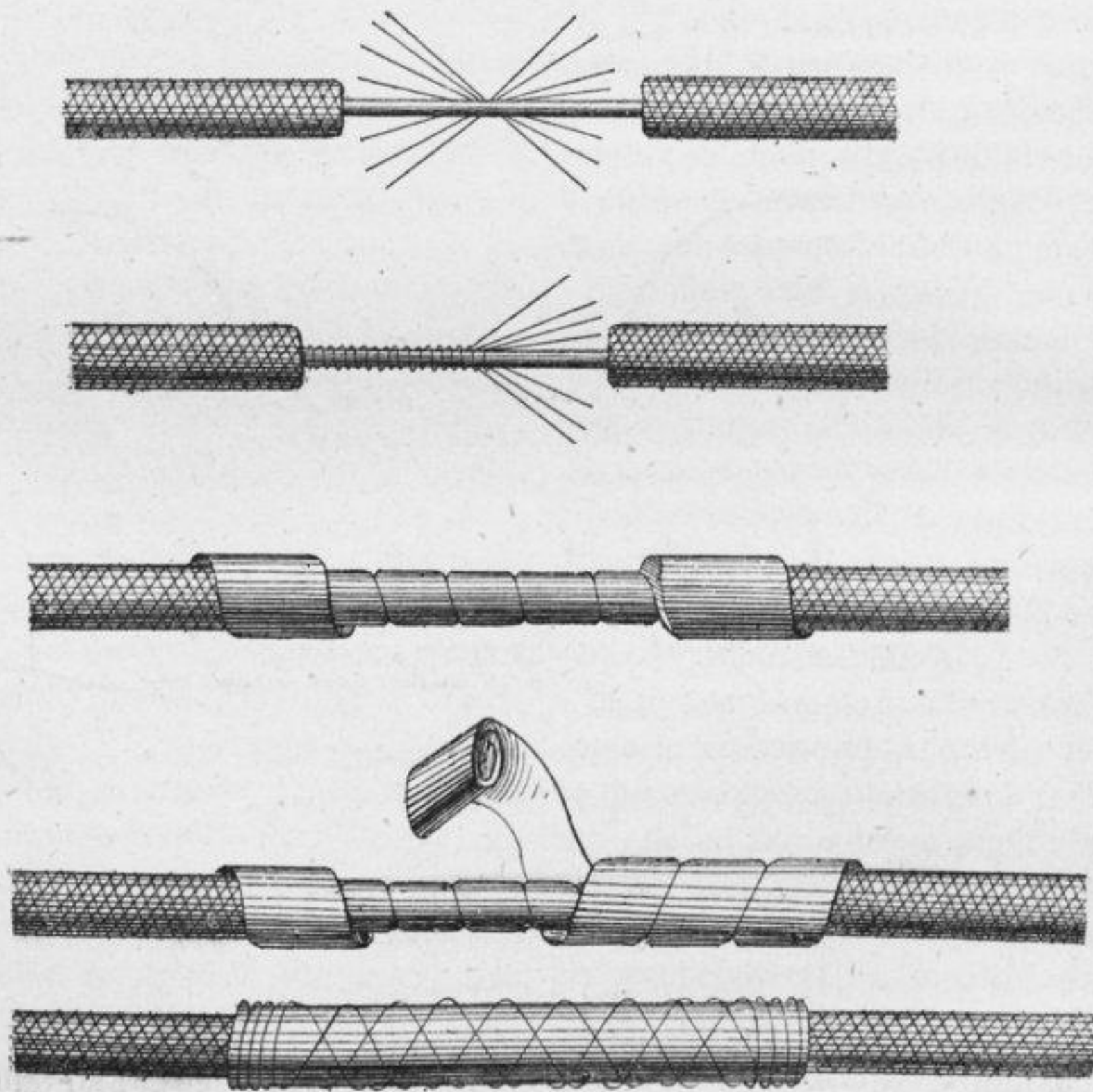


Fig. 311.

au cas où il serait dissimulé par de l'herbe ou des broussailles.

Dans le cas où le câble doit être enfoui

dans le sol, les aides-distributeurs s'arment de pioches et ouvrent la tranchée.

567. Dérouleur et aide-dérouleur. —

Le dérouleur a pour mission de guider le déroulement des bobines du câble. A cet effet, il se place en arrière du chariot, saisit le câble avec un morceau de grosse toile, et modère ou accélère le mouvement de manière à éviter toute rupture de l'âme.

Il est immédiatement suivi d'un aide-dérouleur, qui rejette le câble hors de la route, sur les accotements ou l'accroche au moyen d'une lance à fourche aux appuis naturels qu'il peut trouver à sa portée.

Le dérouleur et son aide sont aussi chargés d'exécuter les joints destinés à réunir l'extrémité du câble d'une bobine à l'extrémité du câble de la bobine suivante, opération qui a lieu à chaque kilomètre.

A cet effet, ils mettent le fil à nu et l'enchevêtrent comme le représente la figure 311, puis ils font une espèce d'épissure, en enroulant successivement chaque brin autour du conducteur opposé. Cela fait, ils recouvrent le joint d'un ruban goudronné sur lequel ils enroulent encore un ruban en caoutchouc afin de comprimer la ligature. Ils renforcent ensuite le joint par une ligature extérieure en fil de fer, puis, pour mieux assurer la résistance du câble aux efforts de la traction à l'endroit du joint, ils forment une boucle fortement liée au point *a*, qui subira seul les efforts de traction (fig. 312).

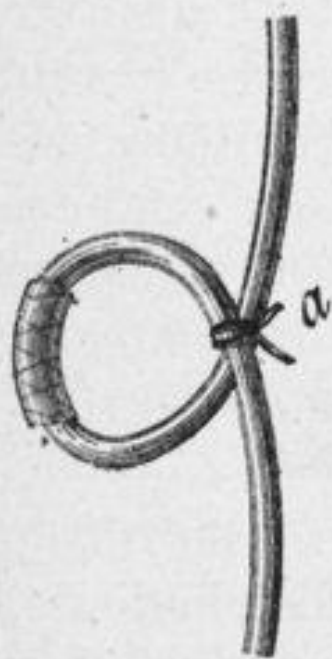


Fig. 312.

Dans le cas où le câble doit passer derrière des arbres, le dérouleur, lorsque le chariot est arrêté, dégage l'axe et après avoir déroulé la longueur du câble nécessaire, assisté de l'aide-distributeur qui a reconnu le passage, il transporte les bobines en suivant le tracé indiqué, et les remet sur les portants lorsqu'il a rejoint le chariot. Le déroulement est alors repris dans les conditions normales.

Si le câble vient à traverser une route

parcourue par des troupes ou des convois, l'aide dérouleur reste au point de croisement jusqu'au moment où il est rejoint par les monteurs.

Enfin, si le câble doit être enfoui en tranchées, l'aide-dérouleur l'y étend, en écartant avec soin les pierres qui pourraient le détériorer.

568. Monteurs et aides-monteurs. — Les monteurs et leurs aides sont divisés en deux groupes, dirigés et surveillés par le sous-chef d'atelier. Ils sont chargés d'installer définitivement la ligne et d'attacher le câble sur ses appuis, pour l'empêcher de glisser ou le mettre hors d'atteinte.

Chaque monteur porte une échelle de 4 mètres, et son aide une lance à fourche.

Lorsque le câble doit être porté par une perche, c'est le monteur qui la plante avec son aide.

En ligne droite, les monteurs attachent le câble à ces appuis tous les 60 mètres environ, ainsi qu'à chaque changement de direction. Le câble est également attaché des deux côtés d'une traversée de route, ainsi qu'aux points d'appui qui doivent être placés de part et d'autre d'une soudure.

Dans toutes les opérations présentant quelque difficulté, à cause de la hauteur à atteindre ou pour tout autre motif, l'aide-monteur se tient près du monteur et lui prête assistance en maintenant l'échelle et lui facilitant le travail.

Les deux escouades de monteurs se réunissent lorsqu'il y a lieu de doubler les échelles.

De même l'aide-monteur d'une escouade se détache auprès de l'autre escouade lorsque, dans les courbes, il y a lieu de consolider les perches par des haubans, opérations qui nécessitent le concours de trois hommes. Dès que ces opérations sont terminées, les monteurs reprennent leur service normal, les deux escouades se dépassant alternativement.

Dans le cas où le câble est posé en tran-

chée, ce sont les monteurs avec leurs aides qui le disposent convenablement et qui comblent ensuite la tranchée.

569. Construction au chariot. — Le chef de poste ayant opéré la reconnaissance de la ligne, et les hommes composant son atelier ayant déposé leurs capotes et s'étant munis des outils et objets constituant leur armement, la construction de la ligne est immédiatement commencée comme il est dit au fascicule numéro 1 de l'instruction III, sur la construction des lignes.

Le chef de poste commande :

Marqueur en avant.

Le marqueur se porte en avant et commence le piquetage de la ligne ; quand il est arrivé à 150 mètres environ, le distributeur commande,

Dérouleuse, attention !

Conducteur en avant !

Marche !

Le dérouleur veille à ce que le câble n'éprouve aucune secousse au départ du chariot.

Les aides-distributeurs marchent un peu en avant du chariot, du côté de la construction et reconnaissent les indications du marqueur (voir figure 309). L'aide-dérouleur, à 10 mètres environ en arrière du dérouleur, met le câble à l'abri, ainsi qu'il est prescrit ; enfin les escouades de monteurs fixent le câble en se dépassant alternativement.

Le distributeur arrête le chariot lorsqu'il y a lieu, et notamment lorsque sa distance aux monteurs dépasse 150 mètres.

Chacun des hommes se conforme dans le travail aux prescriptions concernant les manœuvres élémentaires et les fonctions qui lui sont attribuées ; ils marchent d'un pas accéléré, mais ne prennent le pas gymnastique que dans des cas particuliers et si cela est commandé ou absolument nécessaire.

Lorsque la construction atteint une voie ferrée à un passage à niveau ou toute autre voie qu'il y ait intérêt à franchir

très rapidement, l'atelier se concentre et le câble est fixé au point d'appui précédant le passage dont il s'agit ; le marqueur et les monteurs traversent la voie et préparent le second point d'appui, et ce n'est que lorsque celui-ci est prêt que l'atelier franchit le passage ; les aides-monteurs enlèvent vivement le câble et le présentent aux monteurs qui le tendent et le fixent immédiatement ; l'atelier et les voitures qui se sont arrêtés reprennent ensuite les espacements réglementaires.

La construction de la ligne étant terminée et le câble rattaché soit à un bureau, soit à une ligne, l'atelier se forme à quatre pas en arrière du chariot et le chef commande :

Remettez !

A ce commandement, les ouvriers remettent au chariot les instruments et outils dont ils s'étaient armés pour le travail ; la planchette d'essai et le parleur sont remis en place ; cela fait, les hommes reprennent leurs capotes et viennent se reformer en rang derrière le chariot.

Cas particuliers.

570. Le fonctionnement de l'atelier, tel qu'il vient d'être décrit, peut, dans certains cas particuliers, être modifié avec avantage par le chef d'atelier,

Ainsi dans le cas où la route à suivre est entièrement plantée d'arbres, le rôle des marqueurs et aides-distributeurs devient à peu près nul, tandis que celui des monteurs est très chargé. On constitue alors une troisième escouade de monteurs, à l'aide du marqueur et de l'aide-distributeur.

De même, dans une traversée de village un peu longue, les aides-distributeurs, devenus inutiles, formeront une troisième escouade de monteurs. Certaines particularités peuvent se présenter dans la construction, telles que le passage d'une rivière, la traversée d'un village, celle d'une route en tranchée couverte.

571. Passage d'une rivière. — S'il se trouve un pont à proximité du point de passage, on fait faire un petit détour à la ligne, pour la faire passer en cet endroit, en la fixant soit en dehors des garde-fous, si le pont est permanent, soit sur le tablier, en dehors du guindage, si le pont est de circonstance. A défaut de pont, on immerge le câble en le renforçant préalablement à l'aide d'un fil de fer juxtaposé, attaché au câble tous les deux mètres. Le câble est fixé au dernier point d'appui, puis ramené au pied de celui-ci ; on y fixe l'extrémité du fil nu destiné à la fois à supporter la tension et à entraîner le câble au fond de l'eau. Une petite tranchée est pratiquée, s'il est nécessaire, entre le pied de la perche et le bord de l'eau pour abriter le câble.

La pose est effectuée par les dérouleurs qui filent le câble placé dans la barque, pendant que celle-ci est conduite de l'autre côté en décrivant une courbe légèrement convexe en amont.

Un télégraphiste, muni d'appareils d'essai, vérifie soigneusement la ligne, une fois la pose effectuée.

572. Traversée d'un village. — On dispose le câble d'une façon bien apparente, pour en rendre la surveillance plus facile et le mettre le plus possible hors d'atteinte des accidents et de la malveillance, surtout si l'on est en pays ennemi.

573. Traversée d'une route en tranchée ouverte. — Dans ce cas, les aides-distributeurs creusent à la pioche une tranchée d'environ 20 centimètres de profondeur, les monteurs s'arment de pelles pour déblayer la terre provenant de la fouille ; l'aide-dérouleur étend le câble au fond de la tranchée et les monteurs le recouvrent de terre, en écartant avec soin les pierres qui pourraient entamer l'enveloppe.

Si le câble, avant d'être enfoui, était en lignes suspendues, on le ferait descendre verticalement le long du dernier appui et si celui-ci est une perche, on le soutiendrait par un hauban.

Sciences militaires.

574. Construction à l'aide de la voiture-dérouleuse. — Lorsque l'établissement des lignes doit avoir lieu à hauteur des colonnes de troupes, sur le côté de la route laissé libre par elles, on se sert de la voiture dérouleuse, car dans ce cas le chariot est trop lourd et trop encombrant, et la brouette ne peut être employée qu'autant que le chariot est à proximité pour transporter le matériel nécessaire.

Dans ce cas, l'atelier normal de construction est dédoublé en deux fractions.

La première fraction, composée du marqueur, de l'aide-distributeur numéro 1, du dérouleur et de son aide, est commandée par le chef d'atelier.

Le dérouleur porte quatre bobines de câble et un certain nombre de perches, de haubans et de piquets de haubans.

Le chef d'atelier donne le signal du départ et le dérouleur commande :

Conducteur en avant,

Marche,

et le déroulement commence.

L'aide-dérouleur rejette le câble dans les fossés ou dans les champs, sur les arbres, les haies, etc., en un mot il le met hors d'atteinte des voitures et des chevaux qui viendraient à s'engager sur le côté de la route. Il prend part à la confection des joints et au remplacement des bobines sur les axes.

Le marqueur et l'aide-distributeur n° 1 marchant en avant, préparent, aux croisements des routes et sur les points où il est utile de le faire, les tranchées destinées à recevoir le câble ; ils s'y installent et le recouvrent avec soin en refermant la tranchée. Si l'opération exige un certain temps, ils en préviennent le dérouleur, qui fait arrêter la voiture ; il en est de même lorsqu'il y a lieu de planter une perche, les outils de perforation et les pioches étant portés par la dérouleuse.

La seconde fraction de l'atelier est composée du distributeur, de l'aide-distributeur numéro 2 et des deux escouades de monteurs. Elle est commandée par le sous-

chef d'atelier et accompagnée du chariot de travail ; par suite elle ne peut opérer qu'immédiatement en arrière des colonnes, et sa mission est d'achever la construction de la ligne dans les conditions ordinaires. Toutefois, pour la plantation des perches, le distributeur prend part à l'opération, en remplacement de l'aide-distributeur numéro 1 qui marche avec la première fraction.

Le déroulement peut aussi se faire à la voiture-dérouleuse avec atelier non dédoublé. Dans ce cas, la construction se fait comme au chariot, celui-ci étant maintenu en avant de la dérouleuse ; toutefois ce système sera peu employé, car il est plus lent que le précédent et gênera beaucoup plus les troupes, à cause de la nécessité d'avoir le chariot à proximité de la dérouleuse.

575. Construction à l'aide de la brouette.

— Le déroulement ne se fait à la brouette que lorsque la nature de la route ne permet pas la circulation des voitures ou lorsqu'il est nécessaire de changer fréquemment de côté par rapport aux arbres et aux autres appuis naturels. Dans ce cas, la bobine est placée sur la brouette et celle-ci est traînée soit par un cheval, soit par l'aide-distributeur numéro 1 et l'aide-dérouleur.

La ligne étant raccordée au point de départ et les essais terminés, le chef de l'atelier commande :

En avant.

L'atelier s'espace comme pour le déroulement au chariot (*fig. 313*). L'atelier ainsi réparti, l'escouade des distributeurs est réduite à deux hommes, mais en raison des circonstances qui ont rendu nécessaire ce mode de déroulement, le câble est plus facilement hors d'atteinte et la quantité de matériel à distribuer, ainsi que le nombre des perches à planter, sont très réduits.

Pour la même raison, le changement de service de l'aide-dérouleur est sans inconvénient, il continue d'ailleurs à seconder

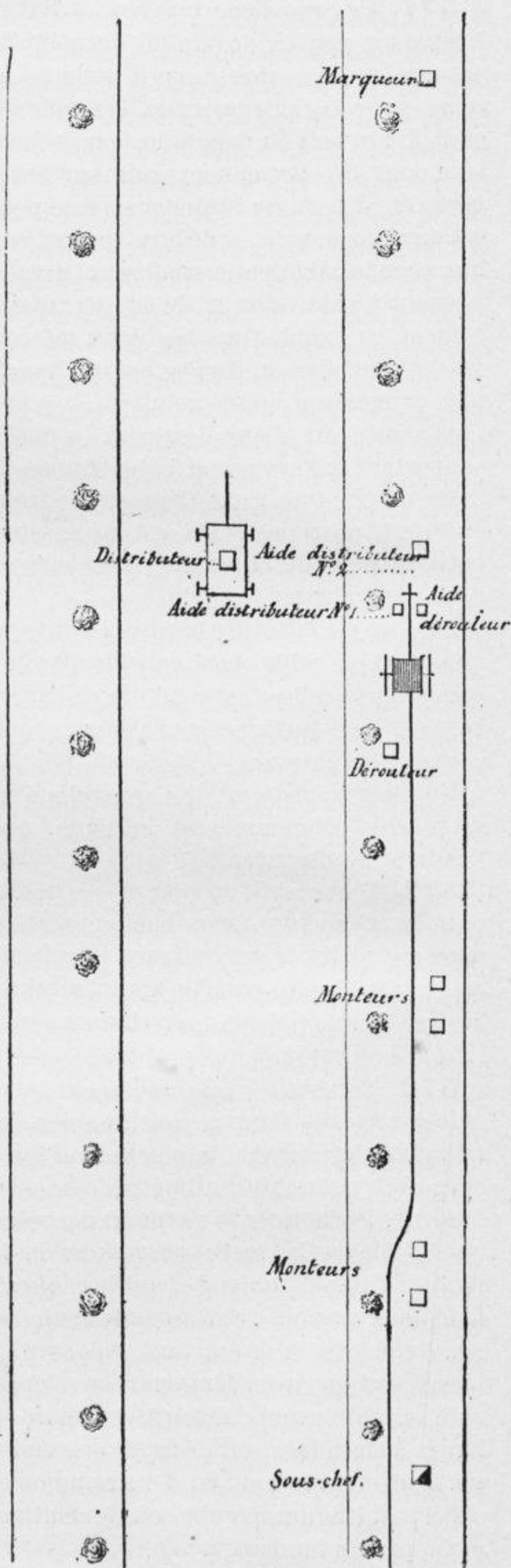


Fig. 313.

le dérouleur dans l'opération des soudures.

576. Ligne en sentier. — Lorsque la ligne doit être installée sur une certaine longueur, soit en suivant un sentier impraticable aux voitures, soit simplement à une certaine distance de la route suivie, par exemple, pour abréger la distance en prenant la corde de l'arc dans les courbes très prononcées, la construction a lieu de la manière suivante (fig. 314).

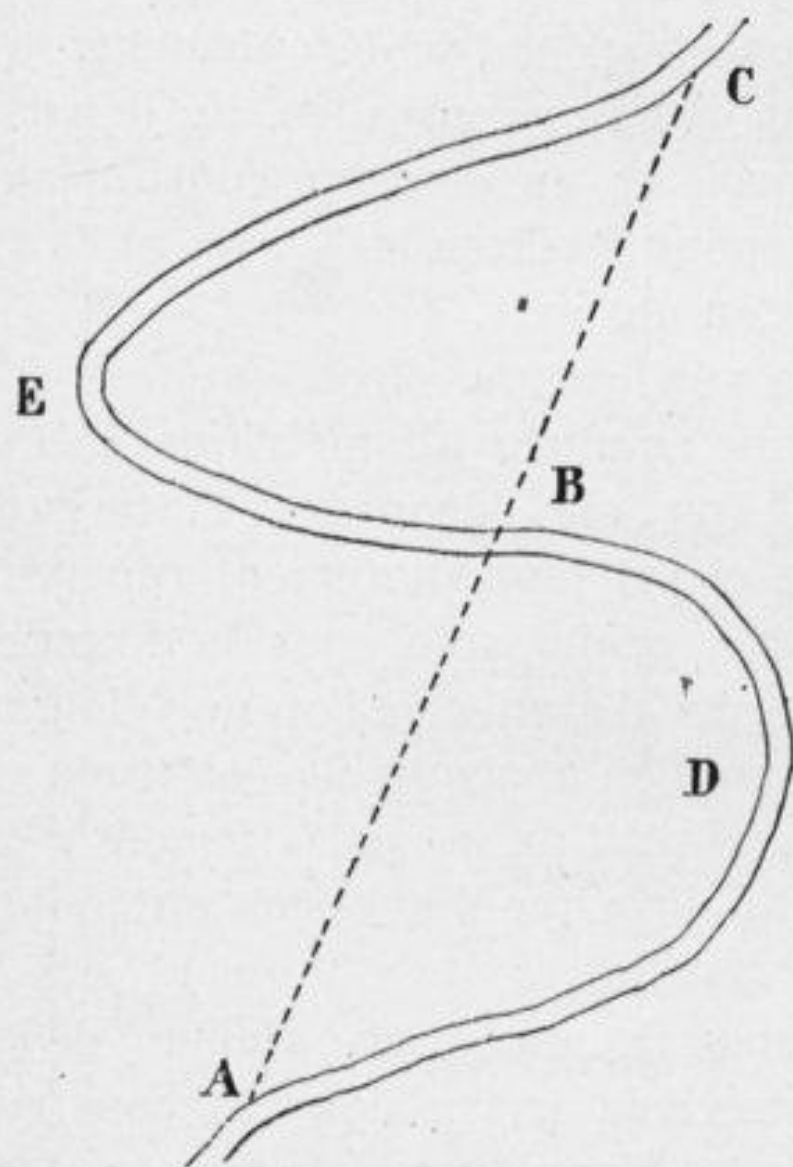


Fig. 314.

Le chef d'atelier reconnaît d'abord le nouveau tracé ABC à adopter et détermine le matériel nécessaire pour franchir le passage. Il revient ensuite à son atelier arrêté au point A, à la naissance de la courbe ou du sentier, puis il commande ;

Ligne en sentier,

En action.

L'aide-distributeur numéro 2, le marqueur, l'aide-monteur numéro 1 et le distributeur, en cas d'absolue nécessité, se répartissent le matériel de construction.

Le déroulement est effectué par les dérouleurs et l'aide-distributeur numéro 1 soit à la brouette, soit à l'aide du tourne-à-gauche porté par l'aide-distributeur. Au commandement : *En avant*, l'atelier s'engage dans le sentier que le câble doit

suivre ; les porteurs de matériel opèrent la distribution, guidés par le chef d'atelier ou par le marqueur ; ils sont suivis par les dérouleurs et les monteurs dans l'ordre fixé pour le déroulement à la brouette. Le chariot suit la route et vient attendre l'atelier en B.

S'il y a lieu, les distributeurs parvenus au point B, complètent la distribution du matériel en revenant dans la direction du point A.

Au point B, les mêmes dispositions sont prises pour l'établissement de la ligne BC, et ainsi de suite.

Dans ce cas particulier, le télégraphiste, à défaut d'homme disponible, emporte avec lui, pour les essais, la planchette et un piquet de terre.

577. Construction en fil nu. — L'emploi du fil nu doit être employé de préférence à celui du câble, toutes les fois que les conditions d'établissement de la ligne et les ressources en points d'appui le permettent. Bien que l'approvisionnement des sections de première ligne en fil nu soit peu considérable, il arrivera le plus souvent que les anciennes lignes établies en temps de paix fourniront les ressources nécessaires pour une ligne de ce genre, en complétant avec du fil métallique qu'on se procurera dans les pays traversés, ou avec l'approvisionnement des sections.

Le fil nu du commerce est en couronnes ; celui qui se trouve dans l'approvisionnement des sections est sur bobines.

Le fil en couronnes est déroulé à la main en faisant rouler la couronne ou en la portant sur l'épaule en dégageant les spires une à une ; dans ce dernier cas, le porteur doit faire un tour sur lui-même à chaque spire afin de ne pas imprimer de torsion au fil ainsi déroulé.

Le déroulement du fil nu sur bobines a lieu généralement à la brouette, ce qui permet de pouvoir à tout instant modifier le tracé général en changeant de côté, et d'éviter ainsi les contacts nuisibles

et la trop grande multiplicité des isolateurs à employer.

L'exécution du travail a lieu suivant les prescriptions relatives au déroulement du câble; toutefois, le tracé exige plus de soins de la part du marqueur, qui doit indiquer non seulement la nature des supports à employer, mais encore la hauteur à laquelle ils doivent être fixés.

Toutes les fois qu'un changement de côté est nécessaire, les isolateurs sont toujours placés à 6 mètres au moins de hauteur.

Le fil nu de petit diamètre est tendu à la main par l'aide monteur, qui se porte à cet effet à 8 ou 10 mètres en avant de chaque point d'appui et maintient le fil tendu jusqu'à ce qu'il soit arrêté sur l'isolateur.

578. Construction en câble léger. — Pour la construction des lignes provisoires d'avant-postes en câble léger, l'aide-dérouleur prend l'appareil spécial de déroulement pour câble léger, l'arme de deux bobines et le charge sur son dos à l'aide des bretelles.

Le dérouleur, porteur des appareils d'essai, se place derrière son aide, et guide le déroulement; les monteurs désignés se munissent des outils et instruments nécessaires; le sous-chef d'atelier procède aux essais avant et après le raccordement au point de départ; puis, lorsque ces opérations sont terminées, le chef d'atelier commande :

En avant,
et la construction s'effectue de la manière habituelle.

579. Recherche et réparation d'une interruption. — Dès qu'un défaut est constaté dans la partie de la ligne déjà établie,

il est procédé à la recherche et à la réparation du dérangement par un atelier ainsi composé :

Le sous-chef d'atelier ;

L'aide-distributeur numéro 2 ;

L'escouade de monteurs numéro 2.

Autant que possible, ce personnel est transporté sur une voiture légère, ainsi que le matériel nécessaire; l'aide-distributeur est porteur de câble léger et d'une fiche de piquetage, ou mieux de l'appareil spécial de déroulement, la ligne étant d'ailleurs installée, au départ, sur appareil et en courant continu avec la pile, pour faciliter les essais et la transmission des avis.

La vérification électrique est faite à chaque soudure kilométrique, jusqu'à ce que l'on ait découvert l'interruption; celle-ci est immédiatement réparée avec le plus grand soin sous la direction du sous-chef d'atelier, et l'on ne s'éloigne que lorsque l'on a acquis la certitude que la communication est parfaitement rétablie, c'est-à-dire que les essais ont donné un bon résultat.

Dans le cas d'un atelier dédoublé, comme cela arrive dans la construction avec la dérouleuse, la première fraction abandonne la partie du câble déjà déroulée, relie la nouvelle bobine à un piquet de terre, et continue à marcher en avant.

C'est la seconde fraction, commandée par le sous-chef d'atelier, qui est chargée de découvrir l'interruption et de la réparer, en opérant comme il a été dit plus haut.

580. Vitesse de construction. — Le temps employé à la construction des lignes varie naturellement avec les difficultés qui peuvent se rencontrer.

A

A'

B

Fig. 315.

Au camp de Meudon, les ateliers de sections télégraphiques arrivent à construire un kilomètre de ligne en câble en vingt

minutes; mais, d'après les expériences faites en terrain varié, on a reconnu qu'il faut compter sur vingt-cinq minutes en

moyenne, pour l'établissement d'un kilomètre de ligne en câble.

Cette vitesse peut être augmentée de beaucoup en divisant la ligne en tronçons et en confiant la construction de chaque tronçon à un atelier distinct.

On pourra, par exemple, fractionner la ligne qui doit aller de A en B en deux tron-

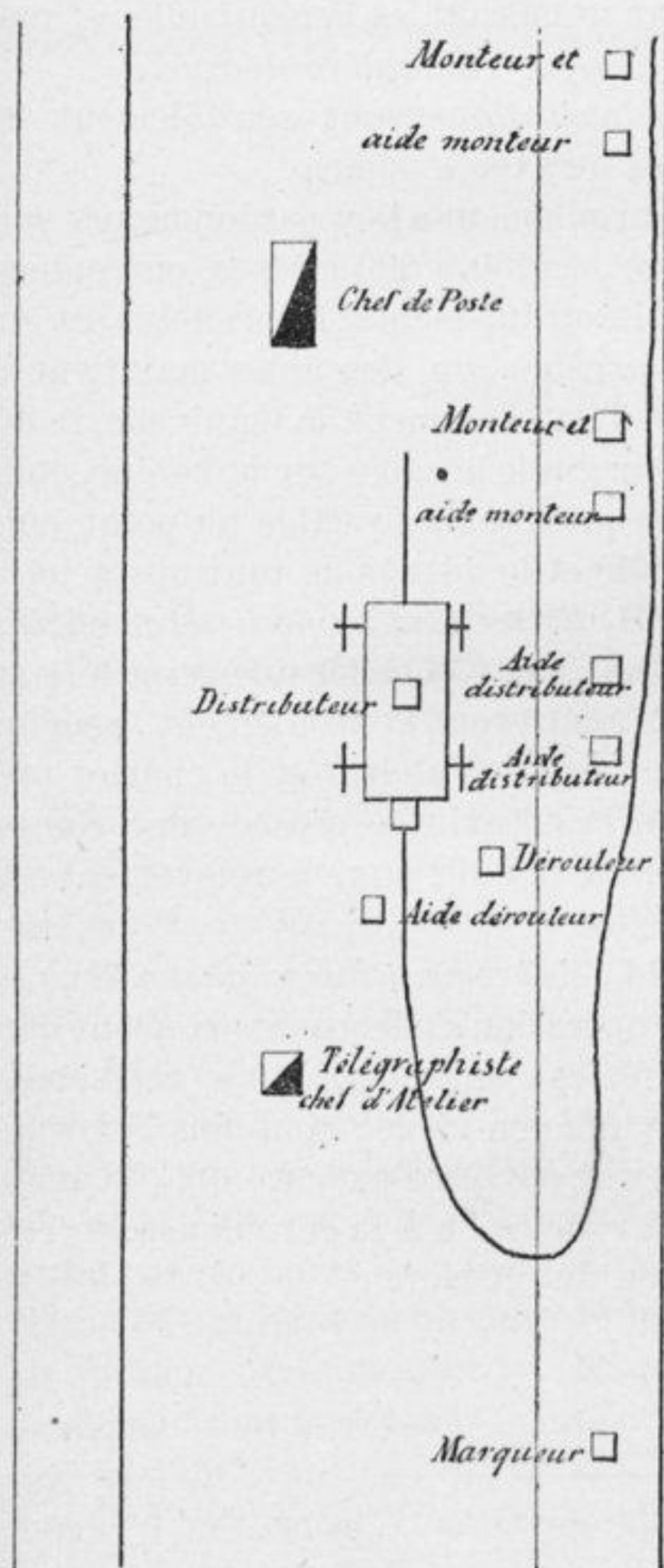


Fig. 316.

çons égaux, A A' et A'B (fig. 315); on confiera la construction du tronçon AA' à un premier atelier, pendant qu'un second atelier une fois arrivé en A' établira le tronçon A'B. On arrive ainsi à une moyenne de construction de vingt minutes par kilomètre, sur l'ensemble de la ligne.

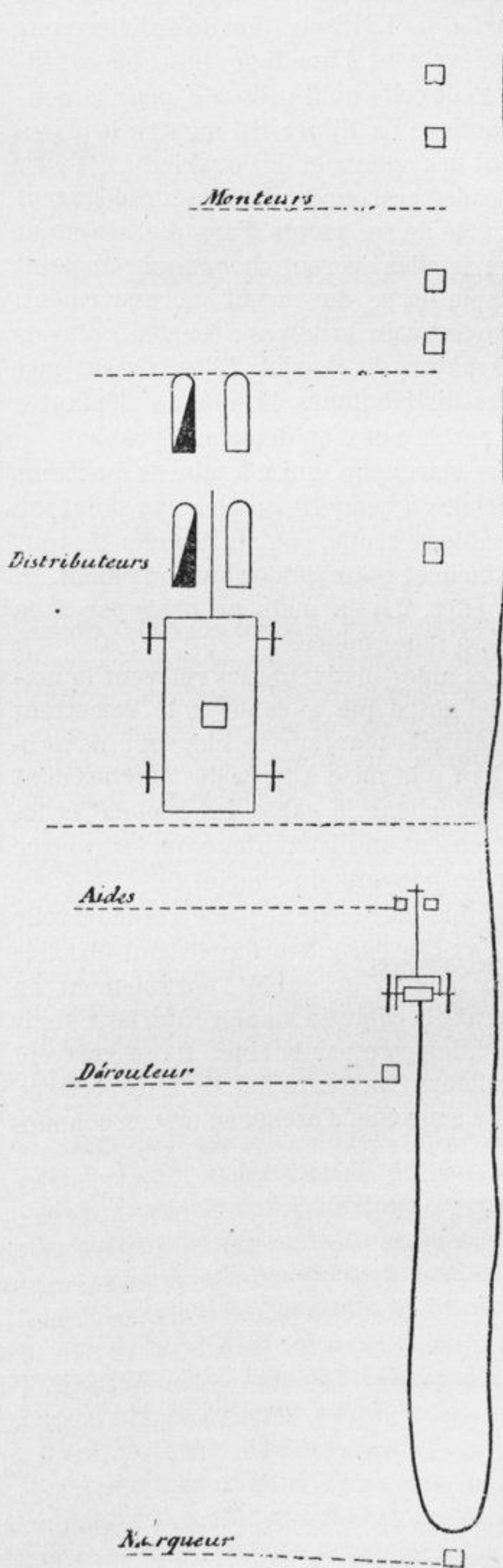


Fig. 317.

581. Relèvement d'une ligne en câble au chariot. — La disposition de l'atelier pour le relèvement d'une ligne en câble est inverse de celle qu'il présente pour la construction. La figure 316 montre le placement des agents et des ouvriers.

Les deux escouades de monteuses dégagent le câble de ses points d'appui et, le jetant à terre, elles opèrent chacune sur un point d'appui et se devancent successivement, en ayant soin de ne pas s'écarter à plus de 200 mètres du chariot. Elles laissent aux aides-distributeurs le soin de déplanter les perches et d'en détacher le câble.

Le marqueur, qui n'a plus de fonctions spéciales à remplir, se place au point où le câble se replie, pour le dégager de tout obstacle et pour guider l'enroulement. A cet effet, il a la main protégée par de la grosse toile repliée.

Les aides-distributeurs relèvent le matériel autre que le câble et le remettent au distributeur sur le chariot; ils procèdent à la mise à terre des perches dont ils détachent le câble, les replient et les présentent au distributeur qui les replace sur les portants du chariot.

L'aide-dérouleur se place à la manivelle de l'axe, le dérouleur fixe le bout du câble à la bobine, et guide l'enroulement en serrant le câble de manière à en faire tenir un kilomètre par bobine. Ils se relayent d'ailleurs dans leurs fonctions respectives.

Le sous-chef d'atelier se met en commu-

nication avec le correspondant à chaque soudure kilométrique à travers la bobine qui vient d'être relevée; il vérifie ainsi le bon état du câble relevé.

582. Relèvement d'une ligne en câble à la brouette. — La disposition de l'atelier de relèvement est indiquée dans la figure 317.

La brouette est trainée par l'aide-distributeur numéro 2, et la manivelle est manœuvrée par l'aide-dérouleur.

Les opérations sont sensiblement les mêmes qu'avec le chariot.

L'enroulement a lieu par longueurs successives de 150 à 200 mètres, en repliant le câble sur lui-même; la brouette est ensuite arrêtée, un des aides maintient la flèche, l'autre se met à la manivelle, le dérouleur guide le câble sur la bobine, enfin le marqueur suit le câble au point où il se replie et le dégage de tout obstacle.

583. Relèvement d'une ligne en câble à la dérouleuse. — Les dérouleurs et le marqueur assureront l'enroulement, pendant que le reste de l'atelier et le chariot précédant la dérouleuse procéderont comme il vient d'être dit pour le relèvement à la brouette.

584. Relèvement d'une ligne en fil nu. — Cette opération s'effectue exactement dans les mêmes conditions que le relèvement d'une ligne en câble; toutefois l'enroulement ne peut être exécuté qu'à la main, à la brouette ou à la dérouleuse, à l'exclusion du chariot.

CHAPITRE VI

DESTRUCTION ET RÉPARATION DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES

§ I. — DESTRUCTION DES LIGNES

Nécessité de détruire les lignes télégraphiques dans certains cas.

585. La question de l'opportunité de la destruction des lignes télégraphiques est fort controversée aujourd'hui.

Certains militaires prétendent que la destruction des lignes télégraphiques est une mauvaise opération, généralement plus nuisible qu'utile pour le vaincu, car l'ennemi peut les rétablir rapidement, et il peut arriver que l'on ait soi-même besoin peu de temps après, par suite d'un retour offensif d'une ligne qu'on vient de détruire. Ils prétendent aussi que le vainqueur a également tout intérêt à épargner les lignes qui sont en avant de lui, car il peut être appelé à en tirer parti dans un délai plus ou moins rapproché.

Ces mêmes militaires estiment que le meilleur moyen de se rendre maître d'une ligne est d'en occuper les points principaux, de la faire surveiller à une assez grande distance par des patrouilles de cavalerie, et d'interdire toute circulation le long des lignes.

D'autres militaires déclarent, au con-

traire, que l'importance des communications télégraphiques à la guerre indique suffisamment combien il est utile de pouvoir détruire le réseau de l'ennemi et aussi, dans une marche en retraite, ses propres lignes, si on n'a pas le temps de les relier, afin d'empêcher l'ennemi de s'en servir.

Nous partageons cette dernière opinion, car il est bien évident que l'intérêt du vaincu, par exemple, est diamétralement opposé à celui du vainqueur, et que l'un doit chercher à détruire ce que l'autre a le plus d'intérêt à posséder ou à conserver.

Quoi qu'il en soit, c'est à l'état-major général qu'il appartient de décider, dans chaque cas particulier, s'il est opportun de mettre une ligne hors de service, et les troupes spéciales ne doivent pas opérer de destruction de ligne sans son ordre.

586. *Mise hors de service d'un poste télégraphique.* — On détruit rapidement un poste en brisant les piles, les fils de terre, le levier d'impression et en enlevant les appareils, si l'on peut, tout au moins les électro-aimants et les commutateurs. On s'empare également des rouleaux et des registres d'inscription de

dépêches, s'il en existe, car ils peuvent fournir des renseignements précieux,

587. Mise hors de service d'une ligne aérienne. — Pour que la destruction soit efficace, il faut qu'elle soit faite partiellement sur un grand nombre de points et jusqu'à une très grande distance; on arrive à un résultat bien supérieur à celui qu'on aurait obtenu en opérant une destruction entière sur une longueur nécessairement bien moindre, car dans ce dernier cas l'ennemi, en déroulant du câble, aurait bien vite remplacé la section défectueuse.

On détruit une ligne aérienne en coupant les poteaux des lignes, de distance en distance, soit à l'aide de la dynamite, soit à la scie articulée, ou simplement à la hache.

On abat plusieurs poteaux de suite en les coupant près de terre, on les fait tomber sur les fils que l'on ramène à soi; on les réunit et l'on exerce sur eux des tractions violentes, qui auront pour objet de détruire les isolateurs; enfin on coupe fréquemment les fils conducteurs, en faisant grimper les hommes le long des supports. Les poteaux renversés sont autant que possible débités en morceaux de faible longueur, pour qu'ils ne puissent plus être utilisés par l'ennemi.

588. Dérangements. — Si l'on prévoit que l'on aura bientôt soi-même à se servir de la ligne, il ne faut pas la détruire, mais seulement y créer des dérangements que l'on repérera avec soin.

Les dérangements les plus faciles à créer dans les lignes à plusieurs fils consistent à y faire des mélanges, soit au milieu des portées, soit aux points d'appui.

Pour les mélanges au milieu des portées, on lance un petit fil métallique armé d'une balle de plomb ou d'une pierre, de manière à l'enrouler autour des fils et à établir la communication de l'un à l'autre.

Pour les mélanges le long des poteaux,

on y fait grimper un homme qui décape au couteau les fils de ligne et les réunit à l'aide d'un fil très fin, qu'il dissimule le mieux possible derrière le poteau pour le faire arriver à la terre. Un dérangement de ce genre pratiqué en 1870, à Chartres, rendit impossible toute communication télégraphique des Prussiens, établis dans cette place, avec le quartier général de Versailles.

589. Mise hors de service d'une ligne en câble. — Les lignes en câble se détruisent de la même façon que les lignes en fil nu; mais, au lieu de couper le conducteur, il est préférable d'opérer de distance en distance une très forte traction sur le câble, ce qui a pour résultat de briser le fil intérieur en un ou plusieurs endroits difficiles à découvrir, car l'enveloppe se trouve simplement allongée, et non déchirée.

590. Mise hors de service d'une ligne souterraine. — Pour détruire une ligne souterraine, on met le conducteur à nu en creusant la terre à la pioche, ou en pratiquant des entonnoirs par l'explosion d'une charge de dynamite de 1 kilog. 500, que l'on place dans un trou creusé à cet effet. Lorsque le conducteur est dégagé, on le coupe à la hache ou au moyen d'une cartouche de dynamite; on isole, si l'on peut, les extrémités du conducteur coupé, ce qui rend beaucoup plus difficile l'évaluation de la distance du point de rupture à l'aide d'instruments spéciaux; enfin on recouvre de terre l'excavation que l'on a faite, et l'on s'efforce de faire disparaître toute trace extérieure de la destruction opérée.

591. Ligne abandonnée dans un mouvement de retraite. — En cas de retraite, avant l'arrivée de l'ennemi, chaque atelier s'efforce de relever les lignes confiées à sa garde; mais s'il est obligé de les abandonner, soit par suite d'un ordre reçu, soit par suite du manque de temps pour opérer le relèvement, il procède à leur mise hors d'usage par tous les moyens

possibles, principalement en enlevant de distance en distance, pendant la retraite, des sections du conducteur arraché à ses appuis et rejeté dans les voitures.

§ II. — RÉPARATION DES LIGNES

592. Dispositions générales. — Lorsqu'une ligne permanente a été fortement dégradée par l'ennemi, il est généralement plus rapide de construire à nouveau une ligne légère que d'entreprendre la réparation de la ligne permanente. Mais si la ligne n'a été que faiblement endommagée, et qu'il soit démontré qu'il y aura avantage à exécuter la réparation, celle-ci doit être entreprise.

593. Vérification et mise en état provisoire d'une ligne abandonnée par l'ennemi.

— Toute ligne abandonnée par l'ennemi doit être vérifiée avant tout, au double point de vue de l'isolement et de la conductibilité.

A cet effet, on emploie, soit un atelier complet de construction, soit, au minimum, une escouade chargée de la vérification et transportée en voiture, s'il est possible; elle est composée du sous-chef d'atelier, de deux dérouleurs et de deux monteurs pourvus de l'outillage et du matériel nécessaires, y compris un commutateur de lignes et une planchette d'essai.

Si le détachement ne peut pas être transporté en voiture, il est augmenté de deux hommes pour le matériel.

Dans l'exécution de la mission, le sous-chef d'atelier qui dirige l'escouade de vérification tient compte autant que possible des considérations suivantes :

1° Faire choix du conducteur le plus facilement réparable et dans les endroits où les poteaux ont été abattus, supprimer complètement les parties de fil mêlées et même les rejeter loin de la ligne, si on ne peut les enlever, afin que les malveillants ne puissent s'en servir pour créer des dérangements.

Le conducteur choisi peut ne pas être le même sur les différentes sections, il y a même intérêt à faire des changements fréquents afin de dérouter les tentatives hostiles; seulement il faudra repérer avec soin tous les changements du fil pour pouvoir les retrouver au besoin.

2° Arrêter soigneusement, sur le dernier poteau des sections non endommagées, les extrémités des fils non utilisés, et à une hauteur telle qu'il ne soit pas possible d'y atteindre à la main.

Si la ligne comporte plusieurs conducteurs et que, au cours des essais, le point initial ne puisse être relié à une section de ligne déjà construite, ou qu'on ne puisse y laisser un poste à demeure, il y a avantage à vérifier à la fois deux conducteurs : on peut, en effet, dans ces conditions, après avoir installé un poste volant au point de départ, couper à une certaine distance les deux fils, vérifier leur isolement et leur conductibilité; puis, lorsque leur bon état est reconnu, les faire réunir au point de départ. A partir de ce moment, l'escouade du poste volant rejoint celle de tête et procède, à chaque point de coupure, à la vérification de la boucle formée des deux fils en essai.

Si une section est reconnue mauvaise et qu'on veuille éviter la perte de temps qu'imposerait une nouvelle recherche, on la remplace au moyen de câble déroulé et posé sur les appuis de la ligne. Lorsque le point initial peut être relié à une section de ligne déjà construite et en service, il suffit de vérifier un seul fil; la première section reconnue bonne est alors raccordée à la ligne, à la condition que le poste extrême soit en mesure de répondre à

toutes les attaques de l'escouade de vérification. Dans le cas d'une ligne à un seul fil ne pouvant être reliée à une section de ligne aboutissant à un poste déjà installé, la vérification nécessitera alors la présence constante, au point initial, d'un poste avec lequel l'escouade mobile aura à se mettre en communication à chaque point de coupure, pour lui demander d'isoler et de mettre à terre le conducteur à vérifier.

Les coupures sont effectuées au moyen du commutateur de ligne et les raccordements à l'aide de serre-fils.

S'il arrive que l'approvisionnement de serre-fils fasse défaut, les extrémités du fil coupé sont rapprochées au moyen du cordage à moufles et raccordées par une ligature.

Les coupures sont toujours faites auprès d'un point d'appui, pour permettre, dans le cas où il y aurait à remplacer une section de fil nu par du câble, d'effectuer la jonction convenablement.

594. Réparation de la ligne. — La réparation de la ligne est exécutée par un atelier complet qui se fractionne en deux escouades : la première, qui marche en avant, est chargée de rétablir la continuité du conducteur ; la seconde, qui vient ensuite, assure l'isolement du conducteur en reconstituant ses points d'appui.

Travail de la première escouade. La première escouade dirigée par le sous-chef d'atelier, comprend : 1° le dérouleur et, l'aide-dérouleur, qui traînent la brouette chargée d'une bobine de fil nu et d'une bobine vide ; 2° le monteur, pourvu d'une paire d'étriers et d'une échelle, et l'aide-monteur, muni d'un cordage à moufles.

Le monteur arrivé au dernier point d'appui précédant une solution de continuité de fil nu, qui a été remplacé par du câble dans la réparation provisoire, jette le conducteur à terre.

Le dérouleur et son aide déroulent la quantité de fil nécessaire pour remplacer le câble, tandis que l'aide-monteur main-

tient l'extrémité et seconde le monteur dans l'opération du raccordement. Arrivés à la fin de la section à remplacer, les dérouleurs font halte et reviennent sur leurs pas pour relever, au moyen de la bobine vide, le câble devenu sans emploi.

Les monteurs, après avoir opéré le premier raccordement du fil nu, suivent les dérouleurs et viennent effectuer le second pour lequel, cette fois, ils se servent des moufles et mâchoires.

La continuité du fil étant ainsi obtenue, la première escouade reprend sa marche en avant.

Travail de la deuxième escouade. La deuxième escouade est composée du marqueur, des deux aides-distributeurs, du monteur et de l'aide-monteur numéro 2 ; elle est autant que possible accompagnée du chariot.

Dans le cas où la voie suivie n'est pas praticable aux voitures, le chariot suit le groupe parallèlement, à une distance aussi rapprochée que possible, et vient l'atteindre au premier point où il peut rencontrer la voie suivie par la ligne, il est en tous cas accompagné par le distributeur, qui reçoit les instructions du chef de l'atelier.

L'aide-monteur porte les isolateurs à tige en U, pour remplacer ceux qui sont hors de service : le monteur les pose là où il en est besoin et y fixe le conducteur.

Le marqueur et les deux aides-distributeurs procèdent au relèvement des poteaux renversés, ou à la plantation des perches destinées à remplacer les poteaux brisés ; dans ce dernier cas, ils y fixent eux-mêmes le fil.

Un télégraphiste marche avec l'escouade pour faire les essais nécessaires ; il est muni à cet effet de la planchette d'essai complète (à défaut de pile giberne), d'un piquet de terre et de fil recouvert pour essayer fréquemment le fil rétabli.

595. Rétablissement des postes. — On remplace, dans les postes mis hors de ser-

vice par l'ennemi, tout le matériel détruit par du matériel de poste, tels que les piles, les appareils, etc., et on supplée pour le mieux à ce qui manque en l'improvisant.

Il n'est pas possible de tracer de règles à cet égard ; il appartient aux chefs d'atelier ou d'escouade de décider ce qu'il y a à faire dans chaque cas particulier pour rétablir le plus promptement possible la communication.

On peut, par exemple, pour rétablir les piles, employer des vases quelconques qu'on remplit d'eau étendue d'acide sulfurique ou d'une dissolution saline. On peut, à défaut de zinc, employer comme élément négatif du fer, et comme positif du cuivre ou du charbon.

Après avoir rétabli ainsi la pile, on peut procéder à une transmission de signaux, sans le secours d'un appareil. Pour cela, on prend d'une main l'extrémité du conducteur qui communique avec la pile, et de l'autre celle qui communique avec la ligne et on les met en contact afin de transmettre des signaux, d'après le système

Morse, en ayant soin d'isoler au moyen d'un morceau d'étoffe ou de papier, la portion du fil en contact avec la main. Le rétablissement d'un appareil permettant de recevoir les dépêches présente beaucoup plus de difficultés. On peut toujours construire une bobine électro-magnétique avec du fil non isolé, et, en y insérant une aiguille aimantée, obtenir une sorte d'appareil à aiguille, permettant de recevoir une dépêche transmise d'après le système Morse. Si on insère dans la bobine un morceau de fer doux, on obtient un électro-aimant auquel on peut adapter comme levier, un autre morceau de fer doux tenu à la main. Le contact de ce levier avec l'électro-aimant peut servir à percevoir des dépêches au système Morse.

Il va de soi que ces expédients ne peuvent être employés qu'au début, car, quand on occupe une station, les appareils complets et les piles sont indispensables au rétablissement des communications télégraphiques, et une armée doit toujours en être pourvue.

CHAPITRE VII

PRINCIPES DE LA TÉLÉGRAPHIE OPTIQUE

596. — La télégraphie optique a pour but de transmettre et de recevoir des signaux conventionnels frappant la vue, à l'aide d'instruments optiques plus ou moins perfectionnés.

A la rigueur, les signaux isolés faits à l'aide de fanions ou tout autre objet du même genre sont également du domaine

de la télégraphie optique, mais nous avons préféré les grouper dans un chapitre spécial, afin qu'on ne soit pas tenté de faire une comparaison entre ces moyens primitifs et de peu de portée et les appareils perfectionnés qui sont d'un usage général dans toutes les armées civilisées.

La télégraphie optique, telle qu'elle est ac-

tuellement organisée, constitue un moyen de communication comparable à celui de la télégraphie électrique. Elle repose sur le principe suivant : soient deux stations

éloignées A et B (fig. 318) et supposons que le stationnaire A veuille envoyer une dépêche au stationnaire B.

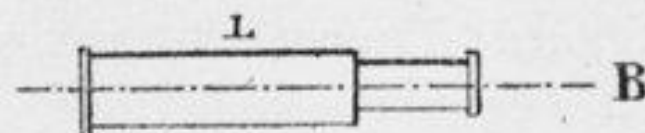
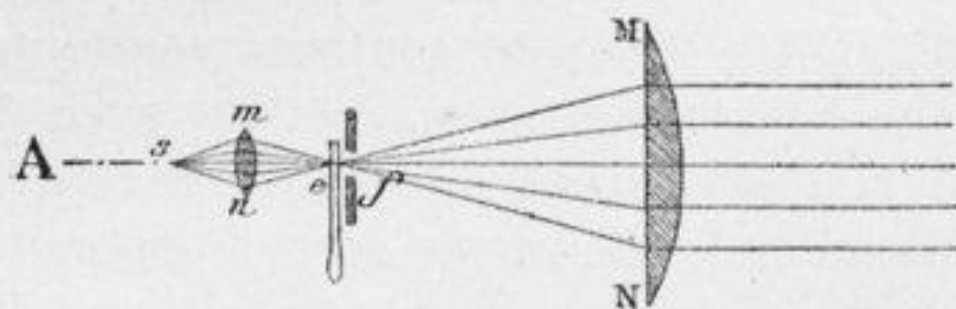


Fig. 318.

A la station A, on dispose en *s*, une source lumineuse, en *m n*, un ménisque convergent à court foyer qui forme une image conjuguée réelle à la source en un point *f*, foyer principal d'un objectif d'émission MN d'assez long foyer. Les rayons lumineux tombent sur l'objectif MN, et sont envoyés suivant une direction parallèle à son axe à la station B, qui les reçoit dans une lunette L, exactement braquée sur l'appareil d'émission.

Le faisceau lumineux est limité par un diaphragme *f*. Un écran *e*, permet d'intercepter à volonté le passage des rayons.

Le jeu alternatif de l'écran manipulateur donne une série d'intermittences lumineuses dont la cadence peut se produire en *éclats longs* ou en *éclats courts*, correspondant absolument aux points et aux traits de l'alphabet Morse, et se combinant comme eux pour former des lettres et des signes conventionnels.

Il résulte de ce système de signaux par des éclats longs ou courts, que l'ouverture du diaphragme et par suite la source lumineuse est masquée en permanence par l'écran et n'est démasquée que lorsqu'on fait des signaux.

Cette méthode présente l'inconvénient de ne pas permettre de vérifier à chaque instant, par exemple en campagne, si les appareils sont orientés convenablement l'un par rapport à l'autre; aussi certaines nations, et notamment l'Italie, ont-elles admis de prendre, pour base des signaux, les éclipses de la source lumineuse, c'est-à-dire de laisser celle-ci visible et démasquée

en permanence puis de la masquer par l'écran pour produire les signaux conventionnels. Ce sont alors les ombres ou éclipses d'une durée plus ou moins longue qui forment les points et les traits des caractères de l'alphabet Morse.

597. La cadence de la télégraphie optique est beaucoup plus lente que celle de la télégraphie électrique, à cause de la persistance des impressions lumineuses sur la rétine. On admet comme règle, pour l'intervalle entre les signes d'une lettre, la durée d'une éclipse courte ou d'un éclat court; pour l'intervalle entre deux lettres, la durée d'une éclipse longue, ou d'un éclat long; enfin, pour l'intervalle entre deux mots, la durée de cinq éclipses courtes ou de cinq éclats courts.

D'après ce qui précède, on comprend facilement que chaque station, afin de pouvoir transmettre et recevoir des dépêches, doit posséder un appareil d'émission et une lunette de réception.

Historique.

598. On connaissait, depuis le commencement de notre siècle, différents instruments composés de miroirs plans et de lentilles, et qui servaient à réfléchir la lumière du soleil à de grandes distances. On produisait ainsi des signaux que l'on employait dans les opérations géodésiques.

Mais ces appareils avaient l'inconvénient de ne pouvoir être utilisés que par un temps de soleil et de produire à grande

distance un faisceau de rayons réfléchis d'une étendue considérable, de sorte que les signaux pouvaient être interceptés par l'ennemi.

Une commission fut nommée pendant le siège de Paris, en 1870-71, dans le but de rechercher et de construire un appareil de signaux à longue portée. M. Lissajous, membre de la Commission, parvint à trouver un système réunissant à peu près les conditions voulues, et qui consistait en deux lunettes couplées reposant sur une plaque de métal.

Un autre membre de la Commission, M. Cornu, inventa un instrument plus sommaire, en ce sens que le même objectif servait alternativement pour la projection de la lumière et pour l'observation. Dans ce but, il remplaçait la lunette de projection par un prisme réflecteur que l'on faisait paraître et disparaître à volonté.

Après ces premiers types, on en imagina d'autres, notamment des appareils démontables, avec de gros objectifs. Munis de ces derniers, MM. Lissajous et Hioux quittèrent Paris en ballon, pour établir des stations de signaux au-delà du rayon d'occupation de l'armée d'investissement; mais ils ne purent réussir dans leurs essais, soit qu'ils ne parvinssent pas à s'orienter, soit plutôt que leurs appareils fussent défectueux.

On fit, après la guerre, de nouvelles expériences avec des appareils semblables, et on en obtint des résultats satisfaisants. L'expérience fit reconnaître les défauts de construction de ces appareils, notamment le mouvement oscillatoire du prisme réflecteur, qui ne donnait les signaux que lorsqu'il était exactement à sa place, et, par suite, ne permettait pas d'observer la station opposée pendant qu'on lui faisait des signaux, ce qui présentait de nombreux inconvénients.

Il y avait lieu aussi de tenir compte de

l'intensité de la lumière, puisque, pour obtenir un résultat donné, si on double cette intensité, on pourra diminuer de moitié le pouvoir amplificateur des appareils, et réciproquement.

L'expérience a prouvé que, parmi les lumières ordinaires, la plus avantageuse est celle qui est produite par une lampe à pétrole à mèche plate. On est arrivé à communiquer ainsi, même en plein jour, à 86 kilomètres.

On a aussi essayé, avec plus ou moins de succès, divers autres genres de lumière, savoir:

La lumière *Drummond*, qui donne un éclat très vif, mais a l'inconvénient d'exiger des appareils encombrants, fragiles, et par conséquent peu transportables;

La lumière de *magnésium*, qui a l'inconvénient de produire une forte proportion de rayons violets, ne traversant pas bien le brouillard; de plus cette lumière produit une poudre impalpable qui altère profondément les transmissions lumineuses;

La lumière *solaire*, qui a donné aussi de bons résultats, mais qui, à cause de son peu de fixité, exige un appareil spécial nommé *héliostat*, dont la mise en station est très difficile et exige des connaissances spéciales;

Enfin la lumière électrique produite soit par des piles, soit par des appareils de rotation.

Cette dernière lumière est celle qui a le plus d'intensité après la lumière du soleil; aussi, bien qu'elle renferme une grande quantité de rayons violets, elle est perçue même de jour, à de très grandes distances, au moyen d'appareils relativement petits. C'est donc sur la lumière électrique que les expériences se sont portées principalement; nous indiquons plus loin les résultats auxquels on est arrivé.

CHAPITRE VIII

MATÉRIEL DE LA TÉLÉGRAPHIE OPTIQUE

599. *Instruments en usage.* — Les instruments optiques dont on fait usage dans la télégraphie militaire sont de deux sortes :

- 1° Les appareils de campagne ou à lentille ;
- 2° Les appareils de position ou télescopiques.

§ I. — APPAREILS DE CAMPAGNE

Appareil à lentille du colonel Mangin.

600. Les appareils inventés par M. le colonel du Génie Mangin, se composent essentiellement de deux lunettes parallèles, l'une pour l'émission de la lumière provenant de la station correspondante. Ces lunettes sont contenues dans

une boîte en tôle ABCD (*fig. 319*), en arrière de laquelle on accroche une autre boîte métallique A'B'C'D' contenant une lampe à pétrole, à mèche plate, comme source lumineuse S.

601. *L'objectif d'émission* consiste dans une lentille plane convexe MN, dont le foyer se trouve au point F, au centre de la partie postérieure AD de la boîte.

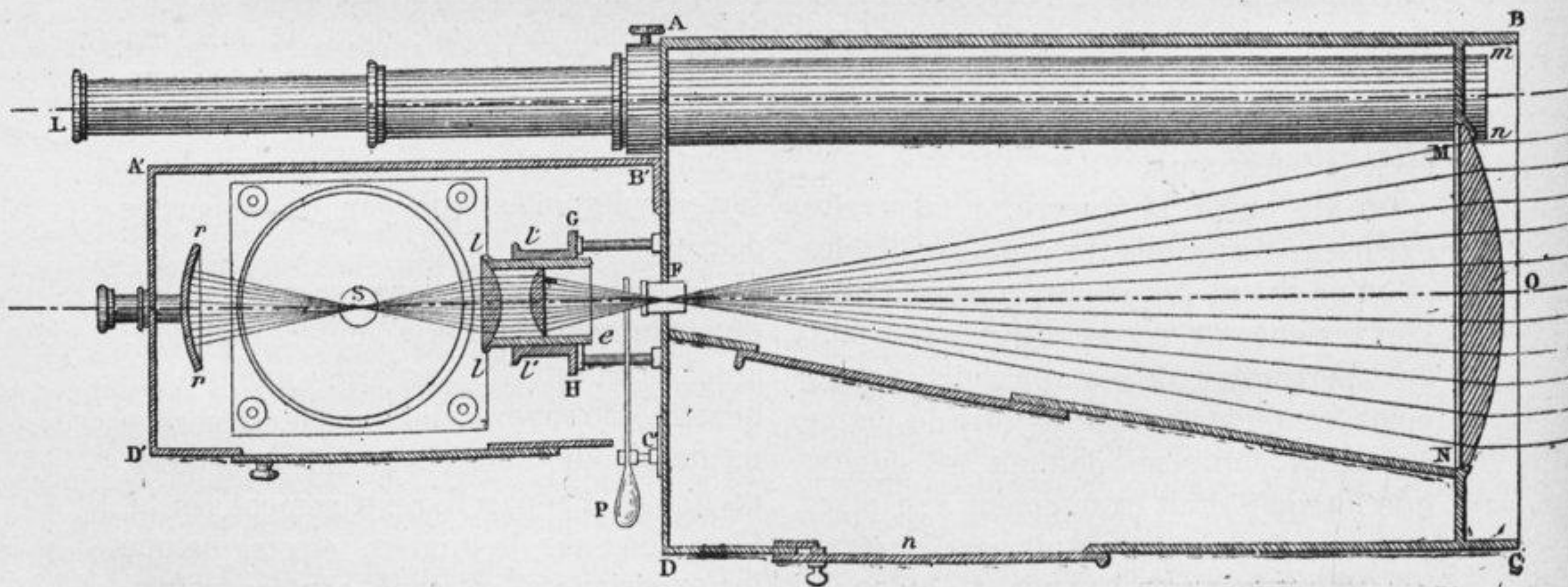


Fig. 319.

En arrière du foyer F est établie une plaque métallique GH, portant une douille pour recevoir un tube court muni de deux lentilles planes convexes à court foyer ll' ,

destinées à concentrer sur le foyer F la lumière de la lampe S. En effet, le faisceau conique qui vient frapper la lentille ll' est transformé en un faisceau

cylindrique; celui-ci vient à son tour frapper la lentille ll' et se modifie de nouveau pour reprendre une forme conique, dont le sommet ou foyer principal se trouve en F , ainsi que le montre clairement la figure.

Enfin, en arrière de la source lumineuse F , est disposé un petit miroir sphérique concave rr , ayant son centre de courbure

au point S , au centre même de la source lumineuse.

Dans ces conditions, les rayons lumineux incidents sur le miroir rr coïncident avec les normales à cette surface sphérique et sont réfléchis sur eux-mêmes pour repasser par la source, de manière à renforcer le cône de lumière émis directement vers les lentilles ll' .

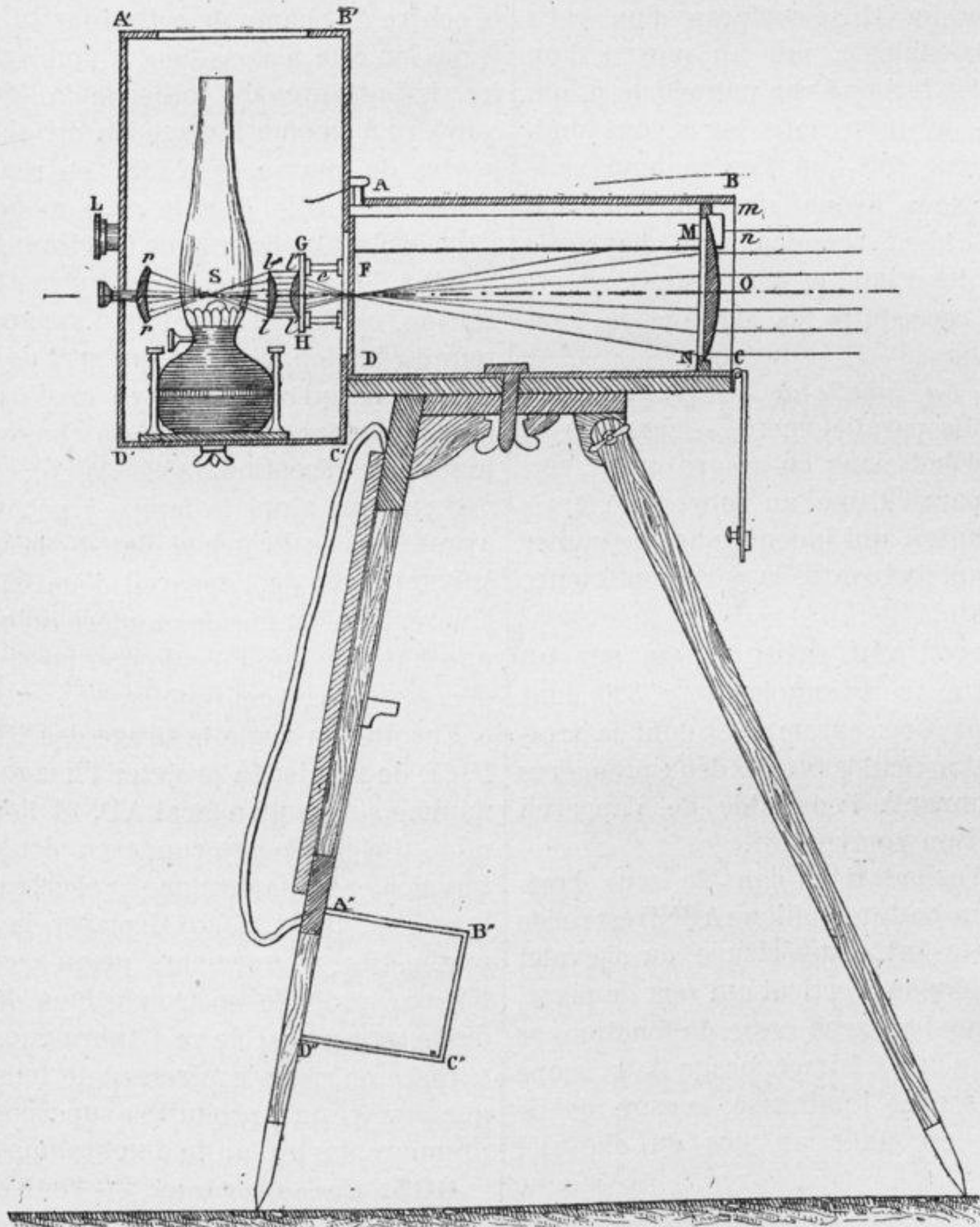


Fig. 320.

La lentille MN , dont le foyer principal est en F , transforme le faisceau conique de lumière qu'elle reçoit en un faisceau

parallèle à son axe optique, c'est-à-dire à la ligne FO .

On doit remarquer toutefois que le

foyer lumineux F n'est pas à proprement parler un point et qu'il constitue un diaphragme d'environ 0^m,006 mil. de diamètre. Il en résulte que le faisceau émis par la lentille MN, n'est pas complètement cylindrique, mais légèrement tronconique, ayant un diamètre d'environ 150 mètres à une distance de 10 kilomètres.

En arrière du diaphragme se trouve le manipulateur. Il se compose d'un petit écran circulaire *e*, mû au moyen d'un petit levier terminé par une pédale *p*, qui découvre ou intercepte les rayons lumineux chaque fois que l'on manœuvre le levier. Nous avons expliqué au chapitre précédent, comment au moyen de la durée des éclats ou des éclipses, on est arrivé à reproduire les signaux de l'appareil Morse.

602. *La lunette de réception* L *mn* est établie parallèlement à l'axe de la lunette d'émission ; on assure ou l'on rectifie ce parallélisme au moyen de trois vis battantes, qui jouent dans un collier métallique fixé contre la paroi postérieure de la boîte.

L'appareil tout entier repose sur un chevalet à trois branches (*fig.* 320) dont deux font corps ensemble et dont la troisième est articulée avec les deux premières pour donner à l'ensemble de l'appareil l'inclinaison voulue.

Pour l'orientation, dans le sens horizontal, la boîte métallique ABCD est reliée à la plate-forme supérieure du chevalet par un boulon vertical qui sert de pivot.

Lorsque l'appareil cesse de fonctionner ou lorsqu'on ne fait pas usage de la lampe comme source lumineuse, la cage mobile A'B'C'D' est fixée au dos du chevalet support.

603. *Réglage de l'appareil.* — Le réglage de l'appareil consiste à assurer le parallélisme de l'appareil d'émission et de la lunette de réception. A cet effet, on commence par enlever la cage de la lampe. Ensuite on dévisse la lentille *ll*, alors la

lentille *ll'* agit seule et sert de lampe pour observer le diaphragme F et les images formées dans son plan par la lentille MN, images, qui se présentent renversées puisque l'oculaire est une simple loupe.

On remarque alors avec soin quel est l'objet dont l'image se trouve exactement au centre de ce diaphragme, puis on observe ce même objet dans la lunette de réception pour constater s'il occupe bien exactement le centre du champ de cette lunette. Dans le cas où cela n'a pas lieu, il faut agir sur les vis battantes du collier métallique, de manière à amener l'image du dit objet au centre du champ. Cela fait, on remet en place la lentille *ll* et la cage mobile, et l'appareil est en mesure de fonctionner.

604. *Mise en station.* — Pour mettre en station, on fait pivoter tout l'appareil autour du boulon vertical qui sert de pivot, jusqu'à ce qu'on aperçoive la station de correspondance au centre du champ de la lunette de réception.

On allume alors la lampe à pétrole, en ayant soin de diriger le plat de la mèche suivant l'axe de l'appareil d'émission, et l'on règle la flamme de manière qu'elle ait une hauteur aussi égale que possible ne dépassant pas 2 centimètres $\frac{1}{2}$.

Ensuite on règle le tirage des lentilles *ll*, *ll'*, de manière à projeter l'image de la flamme sur le plan focal AD, et l'on examine si cette image coupe en deux parties égales le diaphragme F; si cela n'a pas lieu exactement, il faut déplacer la lampe par petits mouvements jusqu'à ce que l'image projetée se trouve bien dans le diamètre vertical de ce diaphragme.

Enfin on règle le miroir *rr* de telle sorte que l'image qu'il produit se superpose à la première, sur le plan du diaphragme F.

605. *Correspondance.* — Pour correspondre, on place l'œil à l'oculaire de la lunette en s'aidant de la main gauche si l'on manœuvre le manipulateur de la main droite, comme un manipulateur Morse ordinaire. Un auxiliaire, placé à côté de l'opérateur, inscrit la dépêche sous sa dictée.

Dans une dépêche transmise, les lettres doivent être plus espacées que les signes composant une lettre, et l'espace séparant deux mots doit être plus grand que celui qui sépare deux lettres. Quand on n'aura pas saisi une lettre, interrompre la transmission par le signal..., à la suite duquel on enverra le dernier mot ou la dernière

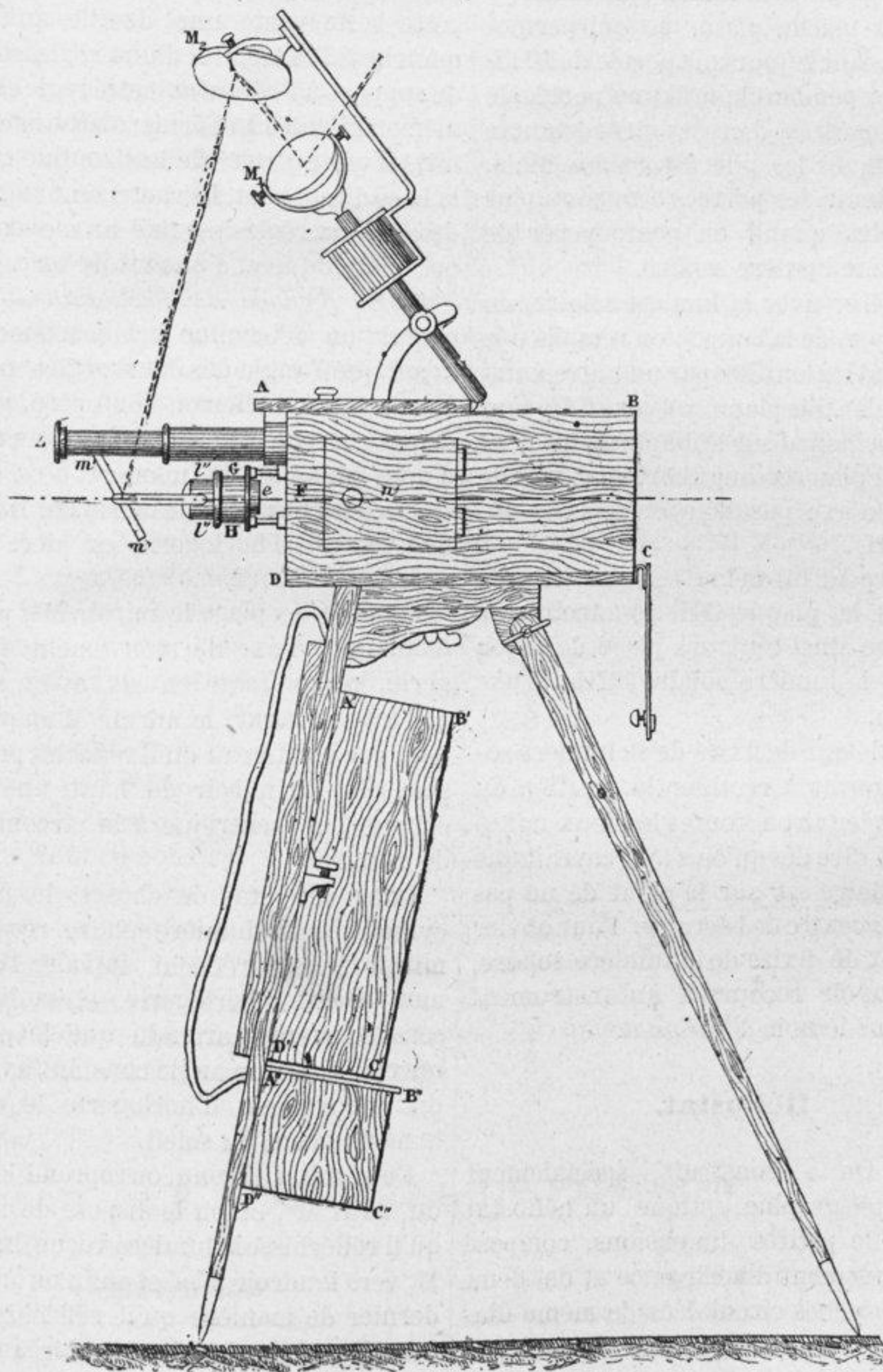


Fig. 321.

lettre compris, suivis de la lettre r, qui signifie *répétez*. Lorsqu'on aura fait une erreur en transmettant, en prévenir le correspondant par le signal..., à la suite duquel on reprendra la dépêche à partir du point où l'erreur a été faite.

606. *Cas où l'on opère avec la lumière solaire.* — Les dispositions indiquées ci-dessus se rapportent au cas où l'on emploie pour correspondre la lumière de la lampe à pétrole à mèche plate, ce qui permet d'avoir pendant le jour une portée de 40 kilomètres, et pendant la nuit une portée de 40 à 50 kilomètres, dans les circonstances atmosphériques les plus favorables. Mais, on peut obtenir des portées beaucoup plus considérables quand on peut opérer de jour avec une lumière solaire.

Pour opérer avec la lumière solaire, on enlève la cage de la lampe ; on remplace le tube portant les lentilles par un autre muni d'une seule lentille plane, convexe $l''l''$, ayant son foyer principal sur le diaphragme F, et d'un miroir plan rectangulaire mm' , mobile autour d'un axe parallèle à ses petits côtés (fig. 321).

Ce tube peut lui-même tourner dans la douille de la plaque GH, le miroir mm' pourra être ainsi toujours placé de façon à réfléchir la lumière solaire suivant l'axe d'émission.

Mais le défaut de fixité de la lumière solaire obligerait à rectifier la position du miroir mm' environ toutes les deux minutes, c'est-à-dire dès qu'on s'apercevrait que l'image solaire est sur le point de ne pas éclairer le centre de l'écran e . Pour obvier à ce défaut de fixité de la lumière solaire, on a dû avoir recours à un instrument connu sous le nom d'*héliostat*.

Héliostat.

607. On a construit, spécialement pour la télégraphie optique un héliostat léger et de petites dimensions, composé d'un mouvement d'horlogerie et de deux miroirs psychés circulaires de même diamètre, M_1 et M_2 , disposés de telle sorte que leurs centres soient constamment sur l'axe de ce mouvement d'horlogerie (fig. 321).

L'un de ces miroirs, M, est planté au moyen d'une douille sur l'axe même du mouvement d'horlogerie, lequel fait un

tour en vingt-quatre heures ; l'autre miroir M^2 est relié par une douille à une tige latérale fixée à la boîte du mouvement d'horlogerie. La base inférieure de cette boîte porte une douille qui s'emmanche à l'extrémité d'une règle servant de support à l'héliostat ; cette règle est elle-même articulée à charnière sur une extrémité d'une autre règle horizontale qui est la base du support. L'écartement angulaire de ces deux règles est fixé au moyen d'un arc métallique et d'une vis de serrage.

608. *Réglage de l'héliostat.* — Pour opérer, on détermine cet écartement de façon que l'angle des deux règles soit égal à la latitude du lieu où l'on opère, puis on dispose la règle qui sert de base, au moyen d'une boussole, de manière à ce qu'elle soit orientée suivant le méridien. L'axe du mouvement d'horlogerie est alors dirigé vers le pôle nord.

Cela fait, on place le miroir M^2 , perpendiculaire à l'axe du mouvement d'horlogerie, la face mate en bas, et on amène, par tâtonnement, le miroir M en position telle que le faisceau qu'il réfléchit projette, sur le dos du miroir du haut, une ellipse éclairée, concentrique à la circonférence de ce miroir.

Dans cet état de choses, le faisceau cylindrique de lumière solaire, reçu par le miroir M est réfléchi suivant l'axe du mouvement d'horlogerie, et sa direction sera constante, attendu que le plan du miroir M fait un angle constant avec l'axe du mouvement d'horlogerie lequel suit le mouvement du soleil.

Ce résultat obtenu, on reprend le miroir du haut M^2 , et on le dispose de manière qu'il réfléchisse la lumière reçue du miroir M_1 vers le miroir $m'm'$ et enfin on oriente ce dernier de manière qu'il réfléchisse, suivant l'axe d'émission, le faisceau transmis par le miroir M^2 . L'image solaire formée au centre du diaphragme F est dès lors immobile ou du moins elle se déplacera si lentement qu'il suffira de rectifier le réglage une fois par heure environ.

Il peut arriver que la lumière réfléchie par le miroir M^2 vers le miroir $m'm'$ soit interceptée en grande partie par le miroir M , ou par une arête de l'appareil, par exemple lorsqu'on correspond dans la direction sud-nord. Dans ce cas il faudra recourir à une psyché auxiliaire, en la plaçant sur un côté de la paroi supérieure de la boîte, soit à l'angle de droite, soit à l'angle de gauche, pour recevoir la lumière du miroir M_2 et le réfléchir vers le miroir $m'm'$.

Quand on cesse d'opérer avec la lumière solaire, l'héliostat et ses accessoires sont rangés dans un coffret $A''B''C''D''$, au dos du chevalet-support. L'appareil tout entier se porte sur le dos, au moyen de deux bretelles fixées contre les branches solidaires du chevalet.

Nouvel appareil de campagne.

609. L'expérience a démontré que l'appareil à lentille du colonel Mangin est un peu fragile et compliqué, et qu'il présente certains inconvénients au point de vue de la facilité de transport. Pour ces différentes raisons, on a cherché à le simplifier, tout en construisant un appareil basé sur les mêmes principes que l'appareil primitif.

On expérimente en ce moment un appareil formé d'une caisse en métal A, B, C, D , l'emploi de la lumière solaire, le compar-

(fig. 322), divisée en deux compartiments sur une cloison EG . La lampe à pétrole, servant de source lumineuse, est placée en F , foyer principal de l'objectif BD : elle est renforcée par la réflexion du miroir M , l'écrou est introduit en arrière de la cloison EG , dans l'axe de l'objectif.

On règle l'appareil en enlevant la lampe et le miroir M , et en introduisant dans l'ouverture O , un tube muni d'un oculaire. La figure ci-dessous n'est qu'une figure théorique, les dispositions de détail de l'appareil n'étant pas encore définitivement arrêtées. Les avantages de cet appareil sont d'être beaucoup plus transportable et moins fragile que l'appareil du colonel Mangin; l'objectif n'a que 14 centimètres de diamètre, et toutes les autres dimensions sont considérablement réduites, pourtant la portée est la même que celle de l'appareil Mangin.

En revanche, il a l'inconvénient de ne pouvoir se prêter comme le précédent, à

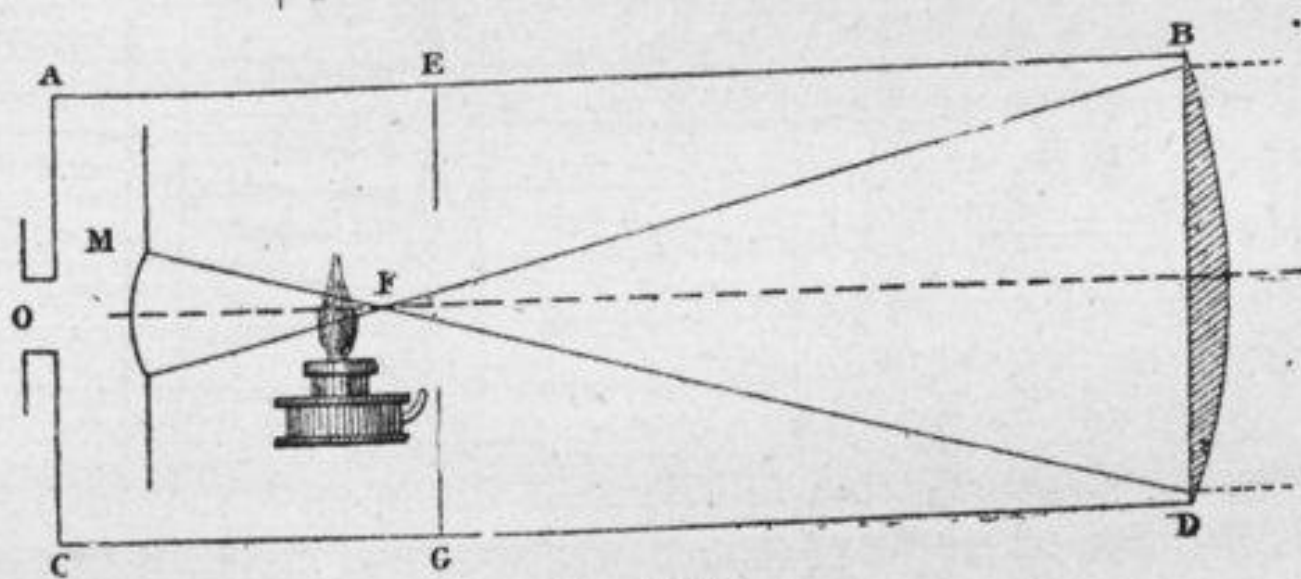


Fig. 322.

timent A, C, E, G , étant fixe, au lieu d'être mobile comme dans l'appareil Mangin.

§ II. — APPAREIL DE POSITION

Généralités

610. La portée de 10 kilomètres des appareils de campagne est insuffisante dans bien des cas, et notamment dans les places fortes, pour permettre la communication avec l'extérieur, au delà de la zone occu-

pée par les troupes assiégeantes. On a donc été amené à construire des appareils *dits télescopiques ou de position*, ayant des portées beaucoup plus considérables que les précédents, et pouvant permettre la communication jusqu'à 120 kilomètres de distance.

L'augmentation de la portée a été obtenue par l'augmentation de l'ouverture des objectifs d'émission et de réception, tout en réduisant le plus possible la dimension en longueur de l'appareil. On a également augmenté la puissance des sources lumineuses, en employant, indépendamment de la lampe à pétrole ou des rayons solaires, la lumière Drummond et la lumière électrique. Les divers modèles d'appareils télescopiques du matériel en service se distinguent entre eux par les diamètres du réflecteur d'émission. On en construit en ce moment trois modèles : 0^m,35, 0^m,45 et

0^m,60 de diamètre. Les portées obtenues avec ces instruments sont de 60, 90 et 120 kilomètres en moyenne selon les calibres.

Les appareils télescopiques présentent deux genres de dispositions, suivant que l'on opère avec la lampe à pétrole comme source lumineuse, ou que l'on fait usage de la lumière solaire.

PREMIER CAS

611. *Appareil disposé avec la lampe à pétrole, comme source lumineuse.* — Cet appareil se compose essentiellement

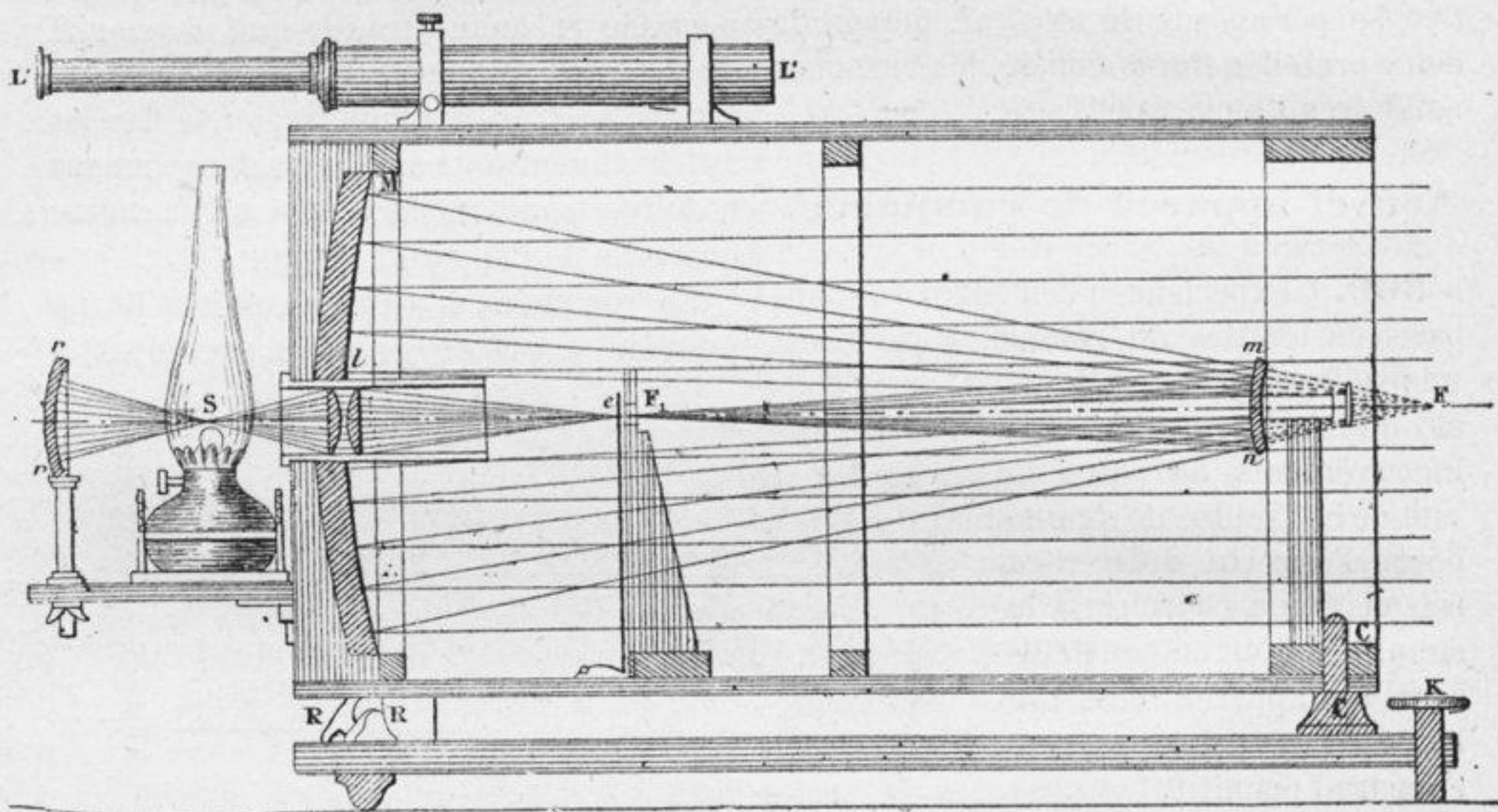


Fig. 323

d'un grand miroir concave MN, qui réfléchit les rayons incidents, suivant des faisceaux coniques, convergeant vers un foyer F, et d'un petit miroir convexe mn, placé en deça du foyer F, à une distance calculée de telle sorte que le faisceau conique réfléchi, converge vers un point F, situé à 20 centimètres en avant du miroir MN (fig. 323 et 324).

Au point F₁, se trouve un diaphragme circulaire fixe, et en arrière se trouve l'écran manipulateur e, qu'on manœuvre à l'aide d'une pédale P, placée sur le

derrière de la boîte, et d'un système de leviers articulés.

La source lumineuse S, est placée en arrière du miroir MN, et sa lumière est concentrée sur le diaphragme F₁, par un système de deux lentilles planes convexes ll, placées dans un tube que l'on engage dans une ouverture cylindrique pratiquée au centre du miroir MN. Enfin un petit miroir concave rr, concentrique à la source S, sert à renforcer la lumière comme dans l'appareil à lentille.

En examinant la figure 323, on se rend

facilement compte comment la source lumineuse vient former en F son image conjuguée, puis envoie un faisceau conique de rayons lumineux au miroir *mn*, celui-ci les réfléchit à son tour vers le miroir MN, qui les réfléchit en un faisceau cylindrique parallèle à l'axe de l'appareil. Sur le dessus de la boîte sont disposées deux lunettes L et L' (fig. 324).

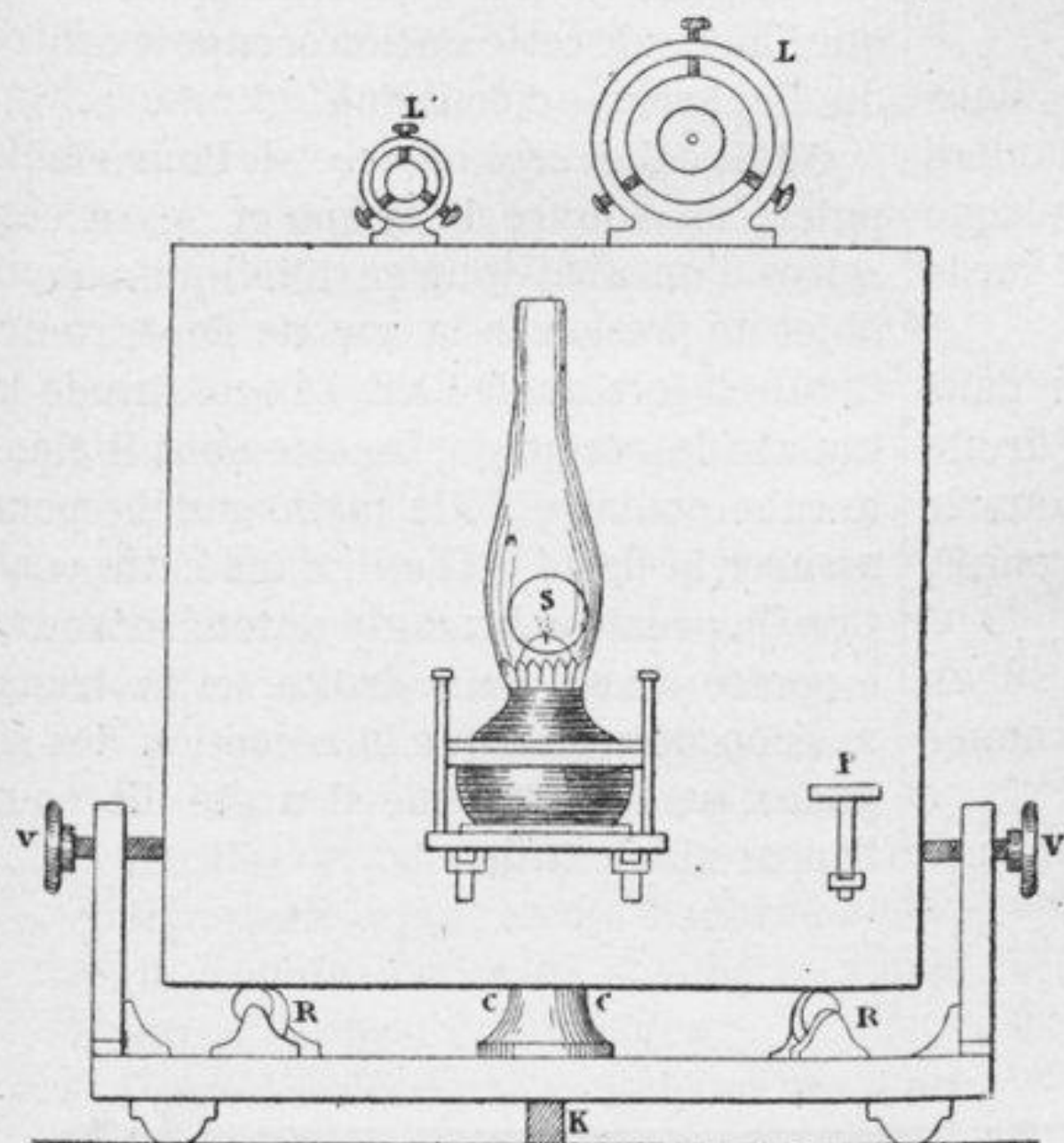


Fig. 324.

La plus grande L est la lunette de réception, la plus petite, L' (fig. 324) d'un très grand champ, sert de chercheur; chacune de ces deux lunettes est armée de vis buttantes, permettant de déplacer légèrement leur axe optique.

612. Installation des appareils. — Quand un appareil télescopique est destiné à correspondre avec une seule station, on scelle invariablement le support suivant cette direction unique.

Au contraire, lorsqu'un appareil doit servir pour la correspondance avec plusieurs stations, on le fait reposer sur une table à pivot, susceptible d'être orientée suivant les directions diverses de ces stations. A cet effet, chacune de ces directions

sera repérée sur le sol par un arrêt matériel qui permettra de passer sans tâtonnement d'une direction à une autre. Toutefois, cette dernière disposition ne serait pas d'une précision suffisante pour assurer l'orientation exacte de l'appareil, il sera nécessaire de faire, dans chaque cas, une dernière retouche à la position de l'appareil. Cette dernière retouche peut être

aussi parfois nécessaire pour les appareils correspondant avec une station unique.

Dans ce but, l'appareil repose sur un socle RK, portant sur la table qui sert de support général par deux pieds fixes placés à l'arrière et à l'avant, par l'extrémité d'une vis calante K, qui permet de faire varier entre certaines limites l'inclinaison du système par rapport à l'horizon. Quant à l'appareil, il repose aussi sur le socle par trois points d'appui : 1° l'embase d'une cheville ouvrière *cc*, placée à l'avant du socle et faisant corps avec lui et qui, traversant la paroi inférieure de la boîte, sert de pivot. 2° et 3° deux galets RR' fixés à l'arrière du socle.

Pour déterminer sans secousse le mouvement de la boîte, autour de son pivot, et pour maintenir celle-ci invariable dans une position donnée, on a disposé de chaque côté de cette boîte et vers la partie supérieure deux vis buttantes VV, soutenues par des montants rattachés au socle. On dispose ainsi de deux mouvements micrométriques pour mettre l'appareil en station, l'un horizontal autour du pivot et déterminé par les vis V, qu'on doit manœuvrer alternativement l'autre angulaire par rapport à l'horizon et déterminée par la vis K.

613. Réglage. — Le réglage de l'appareil consiste tout d'abord à amener son foyer définitif au centre du diaphragme F.

À cet effet, on expose directement l'appareil aux rayons solaires, en inclinant la boîte suivant la direction de ces rayons puis on promène à la main une plaque de verre dépoli le long de l'axe de l'appareil.

Le faisceau cylindrique de lumière solaire, réfléchi une première fois par le miroir MN vers son foyer F, et une seconde fois par le miroir *mn*, donne lieu à un point lumineux sur la plaque.

On manœuvre alors le miroir *mn*, dans le sens de l'axe de l'appareil, de manière que l'image solaire tombe sur la plaque dépolie, quand celle-ci est appliquée sur le diaphragme F_1 .

Une lucarne de verre, ménagée dans une portière, sur la facelatérale de droite de la boîte, donne le moyen, sans ouvrir cette dernière, d'observer le diaphragme F_1 et la plaque dépolie.

Cela fait on règle le parallélisme des deux lunettes et de l'appareil d'émission comme pour l'appareil à lentille.

614. Mise en station. — On commence

par manœuvrer l'appareil jusqu'à ce qu'on aperçoive l'image de la station au centre de la lunette chercheur, puis on achève la mise en direction au moyen de la lunette de réception en opérant par de petits mouvements.

Quand l'image de la station est bien au centre du champ de cette dernière lunette, on est assuré, vu le parallélisme des axes, que l'image de cette station occupe le centre du diaphragme d'émission.

615. Correspondance. — Pour manipuler, on couvre la lampe et ses accessoires d'un abat-jour en tôle, qui a pour objet de préserver la vue de l'opérateur. Celui-ci doit avoir l'œil à l'oculaire de la lunette de réception, lunette dont il tient le tube oculaire de la main gauche pour assurer la fixité de l'œil, dans cette position, la pédale *p* du manipulateur se trouve à portée de sa main droite, et la transmission de même que la réception des signaux se font comme il a été dit pour l'appareil à lentille.

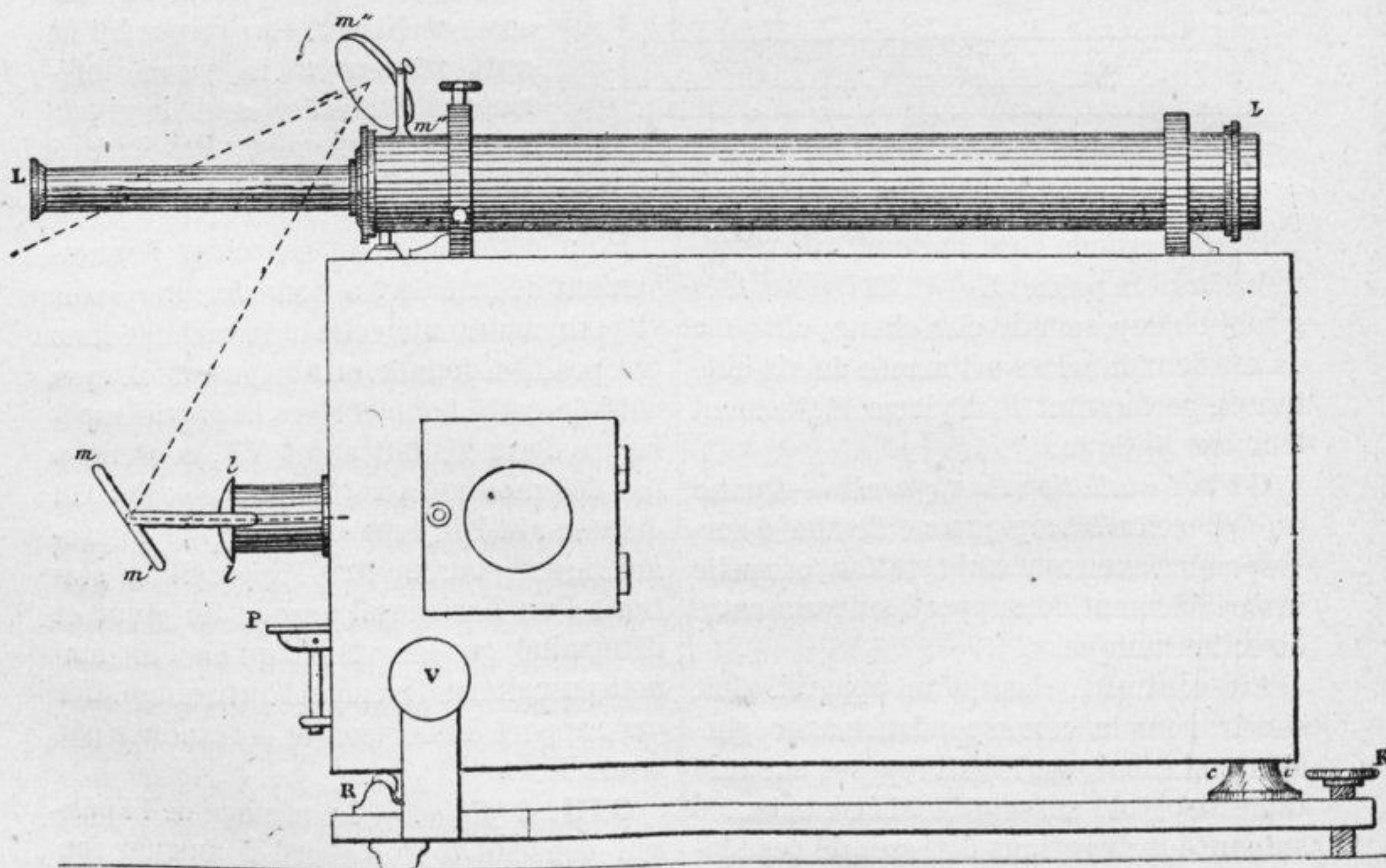


Fig. 325.

DEUXIÈME CAS

616. *Appareil disposé pour opérer avec la lumière solaire.* — Dans ce cas, comme l'appareil est installé dans un observatoire, on dispose l'héliostat à l'air libre en dehors de cet observatoire et autant que possible au midi (*fig. 325*). On place en face un miroir psyché $m''m''$ sur la paroi supérieure de l'appareil télégraphique près des supports V, en dirigeant le miroir supérieur de l'héliostat de telle sorte que le faisceau qu'il réfléchit, tombe sur ce miroir psyché; en même temps on enlève la lampe, le miroir rr , et le tube qui porte les lentilles u ; on substitue à ce dernier tube et extérieurement un autre tube, muni d'une lentille plane convexe $i'i'$ et qui porte un miroir rectangulaire $m'm'$ mobile autour de la ligne médiane.

La lumière solaire, après quatre réflexions sur les miroirs de l'héliostat, sur le miroir psyché $m''m''$ et sur le miroir $m'm'$, forme suivant l'axe d'émission de l'appareil un faisceau cylindrique qui tombe sur la lentille $i'i'$ et en ressort à l'état de faisceau conique concourant vers le diaphragme F, où il produit une image solaire de 3 millimètres environ de diamètre.

Comme le diamètre de l'ouverture F est de 8 millimètres, il est nécessaire d'appliquer sur cette ouverture un diaphragme concentrique d'ouverture moindre, c'est-à-dire de 3 millimètres de diamètre, et l'on règle la position du miroir $m'm'$ de telle sorte que l'image solaire passe toute entière à travers cette ouverture.

Le réglage a besoin d'être fait environ d'heure en heure.

TROISIÈME CAS

617. *Télégraphie optique au moyen des projecteurs.* — Nous empruntons au journal *Le Génie civil*, la description suivante d'un système de télégraphie optique au moyen de projecteurs. Les projecteurs, utilement employés pour l'éclairage à distance des abords d'une place forte ou d'un navire, ont reçu également une application

aux intercommunications de la télégraphie optique. A cet effet, MM. Sautter, Lemonnier et C^{ie}, les habiles constructeurs de Paris, ont ajouté à l'appareil de projection usuel, sortant de leurs ateliers, et suivant les indications d'officiers de la marine française, des dispositions particulières permettant des occultations à intervalles convenables du foyer lumineux. Les dessins ci-après (*fig. 326 et 327*) que nous devons à l'obligeance des constructeurs, en indiquent la disposition.

Le principe est le suivant: lorsque le projecteur a son axe dirigé vers les nuages et dans la direction occupée par un poste à projecture correspondant, les occultations de la source lumineuse placée au foyer de l'appareil produisent sur le nuage, lequel constitue une sorte d'écran opaque, une série d'extinctions et de mise en lumière alternante. On peut donc avec ce dispositif, en recourant toujours aux signes conventionnels de l'alphabet Morse, établir une communication optique à distance. L'emploi du projecteur, dont le principal inconvénient est de supposer par hypothèse un ciel nuageux, permet même à deux observateurs, dont le relief du sol empêche la vue directe, de communiquer facilement à 60 ou 80 kilomètres de distance, ou bien lorsque les deux postes sont séparés par une chaîne de montagnes sur laquelle on ne peut s'établir (1). C'est là un avantage à signaler sur les appareils de télégraphie optique que nous avons précédemment décrits, et qui nécessitent l'occupation par les télégraphistes de postes élevés du haut desquels ils puissent réciproquement s'apercevoir et se viser.

618. *Emploi du projecteur en télégraphie optique.* — L'appareillage désigné sur les figures 326 et 327 par les lettres de la légende de A à L permet de faire les signaux de télégraphie optique de trois manières:

(1) La flotte française, pendant la récente campagne de Chine, a dû, à plusieurs reprises, établir des communications de ce genre par dessus les montagnes.

1° *Sur les nuages.* — Le miroir A est enlevé et le projecteur incliné au-dessus de l'horizon de manière à éclairer les nuages le plus loin possible. La manœuvre de l'occultateur E placé entre la lampe et le miroir du projecteur arrête les rayons

lumineux de la source ou les laisse passer, et produit ainsi sur les nuages les brèves et les longues de l'alphabet conventionnel. C'est la communication optique, par projecteur, à grande distance.

2° *Communication isolée par faisceau lu-*

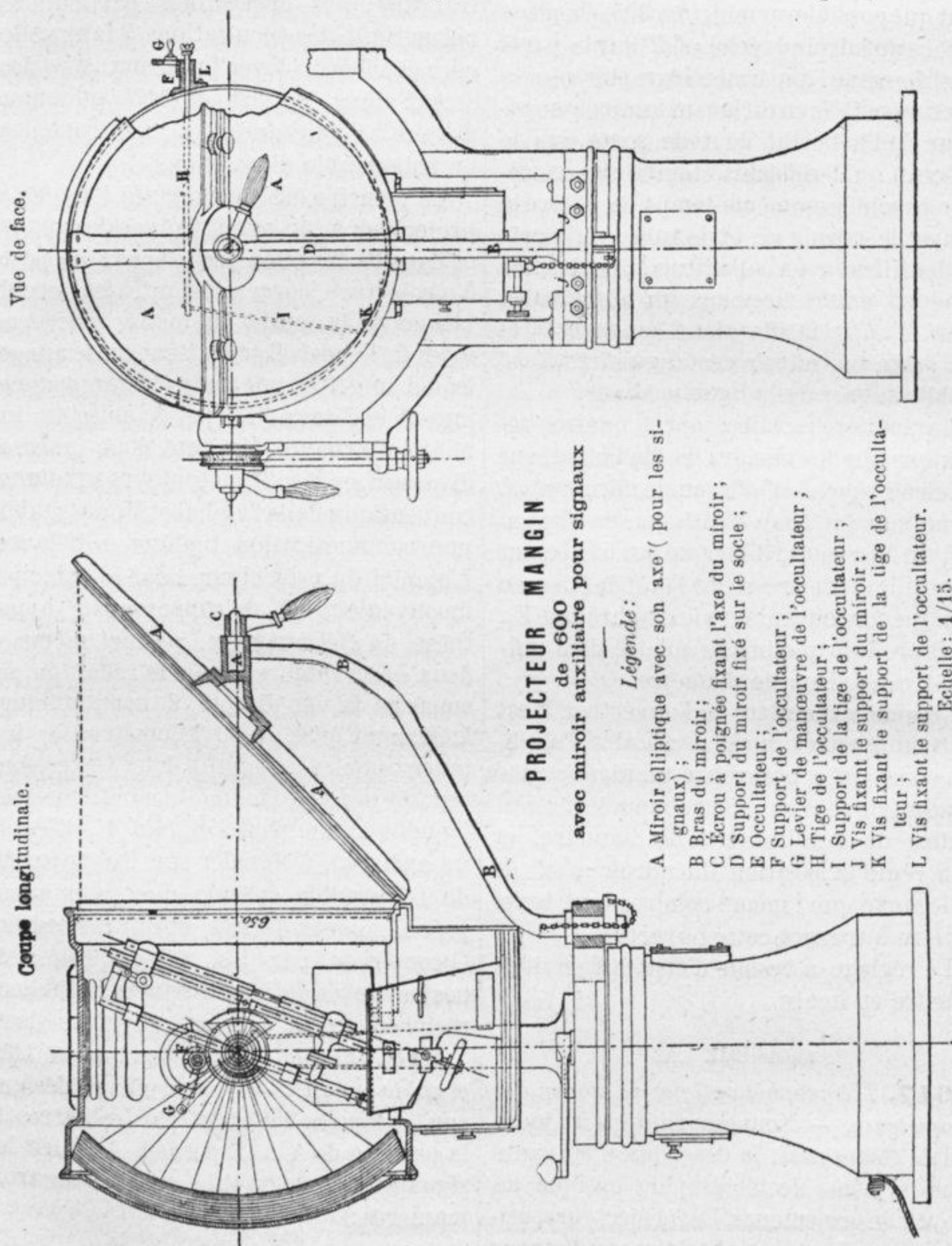


Fig. 326 et 327. — Vue de face et coupe longitudinale de l'appareil Mangin, construit par MM. Sautter, Lemonnier et C^{ie}.

mineux. — Lorsque l'on veut correspondre à courte distance, 3 ou 4 kilomètres, et

établir une communication entre deux postes isolés, on met en place le miroir A

sur son support B. Le faisceau lumineux émané de la source réfléchi par le miroir forme un panache lumineux vertical. En faisant tourner le miroir A de 90° autour de son axe horizontal, le panache devient horizontal ; il peut être ainsi lancé dans une direction donnée à des intervalles inégaux et pendant des temps inégaux, et fournir ainsi les signes conventionnels.

3° *Communication de nuit sur tout l'horizon.* — Lorsque l'on veut correspondre à courte distance (3 kilomètres environ) et faire des signaux visibles de tout l'horizon, ce qui est le cas ordinaire dans la marine, le miroir A est mis en place ; il réfléchit verticalement le faisceau lumineux, lequel à 15 mètres environ rencontre un ballon blanc, qu'il rend visible de tous les points de l'horizon.

La manœuvre de l'occultateur par longues et par brèves tire le ballon de l'ombre et l'y replonge, et produit les signes nécessaires à la communication aérienne.

Avantages et inconvénients de la télégraphie optique

619. — La télégraphie optique présente les avantages suivants :

1° Elle n'exige pas de fil conducteur entre les stations, de sorte qu'il n'y a à transporter que les appareils, c'est-à-dire très peu de chose en comparaison du matériel de la télégraphie électrique ;

2° Il n'y a point de lignes à construire ce qui procure une économie de temps et de personnel ;

3° L'ennemi ne peut y pratiquer de destructions ni de dérangements, puisque la correspondance se fait à travers l'espace.

En revanche elle présente les inconvénients suivants.

1° Difficulté d'orientation des appareils, lorsque les correspondants n'ont pas une connaissance parfaite de leurs positions respectives ;

2° Portées peu étendues de jour pour les appareils de campagne, à moins d'employer la lumière solaire, qui nécessite des appareils compliqués et délicats ;

3° Difficulté de trouver des emplacements élevés pouvant servir de station dans la limite de portée des appareils.

En faisant la comparaison des avantages et des inconvénients de la télégraphie optique, on reconnaît qu'elle n'est avantageuse que lorsque l'on peut avoir une grande stabilité dans les installations, et que par suite elle est peu pratique en campagne, tandis qu'elle peut être employée très avantageusement dans l'attaque et la défense des places, et surtout pour relier entre elles ces dernières lorsque leur distance n'est pas trop grande.

C'est ainsi que toutes les places fortes françaises de la frontière est sont reliées actuellement par un réseau continu, dont toutes les stations sont des points fortifiés.

620. *Personnel de la télégraphie optique.* — La manipulation et l'entretien des appareils de télégraphie optique sont confiés au corps du génie, qui les a créés pour le service des places fortes.

Un certain nombre de soldats du génie sont exercés à la manipulation de ces appareils, laquelle ne demande qu'un apprentissage d'environ quinze jours, eu égard à ce que la transmission et la réception des signaux doit être beaucoup moins rapide qu'en télégraphie électrique.

CHAPITRE IX

TÉLÉGRAPHIE PAR SIGNAUX ISOLÉS

Signaux.

621. On appelle *signal*, toute manifestation de quelque nature qu'elle soit, qui permet de provoquer l'attention ou de communiquer une pensée.

Les signaux peuvent se classer en plusieurs catégories :

1° Les signaux optiques, qui s'adressent exclusivement à la vue et qui se subdivisent en *signaux de jour* et en *signaux de nuit*;

2° Les signaux acoustiques qui s'adressent exclusivement à l'ouïe, et qui sont généralement employés par les temps de brume ou quand on ne peut faire usage des signaux optiques.

On peut imaginer bien des genres de signaux isolés, selon les circonstances et les moyens dont on dispose.

Tous les systèmes de signaux sont basés sur le principe suivant : Etant donné un certain nombre de symboles, couleurs, lumière, sons, objets divers, parfaitement distincts les uns des autres, former tous les arrangements avec répétitions qu'il est possible de faire avec ces symboles.

Un signal est dit *simple*, lorsqu'il est formé d'un seul symbole; au contraire, il est dit *composé* quand il comprend plusieurs symboles différents, ou un même symbole répété.

La théorie des permutations, arrangements et combinaisons avec ou sans répétitions, qui est donnée dans tous les traités d'algèbre, permet de former tous les groupes que l'on peut faire avec un

certain nombre d'objets et d'en calculer le nombre.

Calcul des arrangements avec répétitions.

622. Nous rappellerons succinctement ci-après la méthode algébrique pour former les arrangements avec répétitions d'un certain nombre d'objets.

On appelle arrangements avec répétitions toutes les manières de grouper un certain nombre d'éléments à la suite les uns des autres et dans tous les ordres possibles, un à un, deux à deux, trois à trois, n à n , un même élément pouvant se répéter 2, 3, 4... n fois.

Proposons-nous d'écrire les arrangements avec répétitions que l'on peut former en un nombre quelconque m d'éléments, pris un à un, deux à deux, etc.

Considérons d'abord les quatre lettres a, b, c, d .

Il est évident que ces lettres prises une à une donnent les quatre arrangements, a, b, c, d .

Pour former les arrangements de ces lettres prises deux à deux considérons un des arrangements précédents, a , par exemple, et écrivons successivement à sa droite les quatre lettres données a, b, c, d .

Nous obtenons les arrangements

aa, ab, ac, ad .

Si nous opérons de la même manière

avec les arrangements b, c, d , nous formons les groupes suivants :

$ba, bb, bc, bd,$
 $ca, cb, cc, cd,$
 $da, ab, dc, dd.$

Pour passer aux arrangements trois à trois, écrivons à la droite de chacun des arrangements deux à deux ci-dessus, les quatre lettres a, b, c, d , et nous avons :

$aaa, aab, aac, aad,$
 $aba, abb, abc, abd,$
 $aca, acb, acc, acd,$
 $ada, adb, adc, add.$

Il est facile de voir que la loi de formation resterait la même si nous considérions m lettres, et que nous les aurions successivement une à une, deux à deux, n à n .

Les quatre lettres a, b, c, d , prises une à une, donnent quatre arrangements.

Chacun de ceux-ci permet de former quatre arrangements deux à deux, les quatre lettres en fournissent donc $4 \times 4 = 4^2$. On prouverait de la même manière que le nombre des arrangements trois à trois $= 4^3$.

623. Généralisons ce raisonnement en considérant un nombre m de lettres. Nous voyons que le nombre des arrangements de ces lettres une à une est m ; celui des arrangements deux à deux est m_2 , etc.

Si nous désignons par $m A A n$, le nombre des arrangements avec répétitions que l'on peut faire avec m lettres prises n à n , nous aurons donc la formule $m A A n = m^n$.

Si dans cette formule nous faisons successivement n égal à 1, 2, 3... n la somme de tous les arrangements avec répétitions sera :

$$S = m + m^2 + m^3 + m^4 + \dots + m^n.$$

Le second nombre est la somme des termes d'une progression géométrique; donc :

$$S = \frac{m^{n+1} - m}{m - 1}.$$

Choix des signaux.

624. Les signaux dont on fait usage doivent permettre de transmettre les mots d'une langue quelconque avec rapidité et précision ; il est de plus nécessaire que l'ennemi ne puisse pas en découvrir le sens s'il vient à les apercevoir.

Les signaux à un seul symbole sont évidemment les plus simples, mais ils sont aussi les plus lents et pour cette raison ne peuvent convenir qu'à la transmission de quelques phrases usuelles convenues d'avance. Pour cela, il suffit d'un petit vocabulaire du genre de celui dont on faisait usage autrefois avec le télégraphe *Chappe*, pour les dépêches officielles, c'est-à-dire contenant des phrases numérotées.

Pour signaler pendant le jour avec un seul symbole, on élève un drapeau, un disque, ou un objet quelconque, un nombre de fois égal au nombre correspondant à la phrase à transmettre.

Pendant la nuit ce signal est remplacé par un nombre égal de fusées, d'éclairs produits à l'aide d'une lumière, de détonations, etc.

625. Les signaux à deux symboles sont bien préférables aux autres, parce qu'ils permettent au moyen des arrangements un à un, deux à deux, trois à trois, quatre à quatre, de reproduire toutes les lettres de l'alphabet Morse qui a été formé de cette façon. Les chiffres ont été obtenus en formant des signaux à l'aide des deux symboles pris 5 à 5.

Les signes de la ponctuation et les indications de services ont été obtenus en arrangeant les deux symboles 6 à 6 ou 7 à 7.

France.

626. En France, le ministre de la guerre a publié, le 16 juin 1885, une instruction pour la correspondance par signaux dans les corps de troupes. Les dispositions prin-

cipales de cette instruction sont résumées ci-après.

Le ministre déclare que, en formant dans les corps de troupe, un certain nombre d'hommes à la connaissance des signaux, il a eu pour but de mettre à la disposition de l'armée un système de correspondance simple, qui permette de suppléer, à l'occasion, à l'absence des autres moyens de communication.

C'est principalement aux avant-postes que les signaleurs peuvent être utilisés, pour relier les grand'gardes aux réserves et les réserves aux corps dont elles dépendent, ou bien, exceptionnellement, un petit poste à une grand'garde; mais ce mode de correspondance peut également présenter de grands avantages aux commandants de détachements qui ont à se mettre en relation entre eux ou avec des troupes voisines.

En règle générale, on ne doit faire usage de la correspondance par signaux que lorsque la distance qui sépare deux troupes est supérieure à 600 mètres, ou lorsque ces deux troupes sont séparées par des obstacles.

627. Les *signaux* sont formés par la combinaison du point et du trait, de



Fig. 328. — Attente.

Fanion-signal. Saisir un fanion dans chaque main et se placer en face du correspondant les bras pendant naturellement le long du corps, les 2 fanions parallèles, la toile de la couleur dont on veut se servir, tournée vers le corps.

Lanterne. Tenir la lanterne tournée vers le correspondant en l'orientant avec le plus grand soin au moyen du tube de la cheminée.

manière à reproduire tous les caractères de l'alphabet Morse. — Un certain nombre de signaux sont réservés pour les indications de service.

Les *signaux* de jour se font, en principe, à l'aide de *fanions-signal*, ou, à défaut de ces appareils, par n'importe quel objet apparent. Les signaux des fanions sont visibles à 1000 mètres au moins, dans les conditions ordinaires. — Le tableau ci-dessous indique la manière dont se font ces signaux (*fig. 328 à 333*).

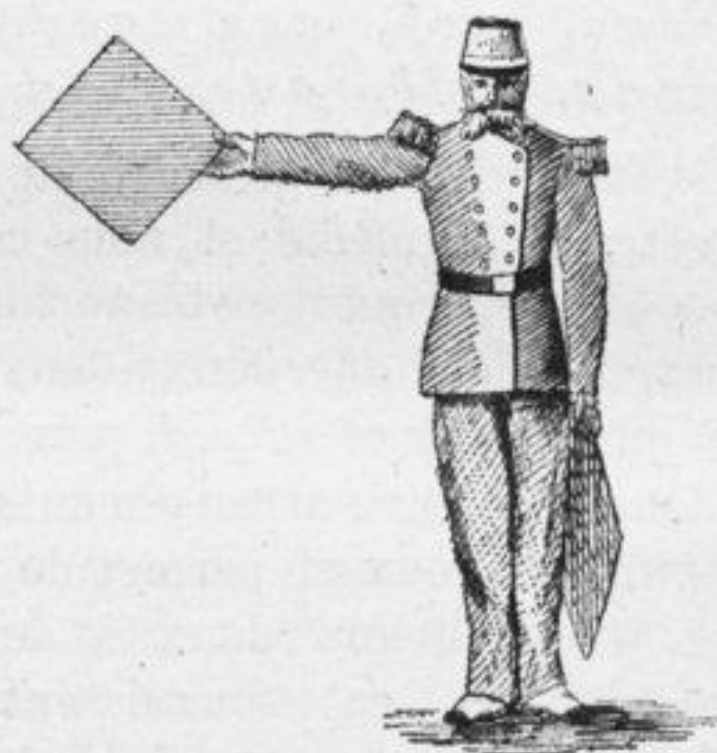


Fig. 329. — Point.

Fanion-signal. Elever vivement le bras droit latéralement, les ongles et la face du fanion tournés vers le correspondant, marquer un temps et ramener vivement le fanion à la position d'attente.

Lanterne. Appuyer brusquement et à fond sur le manipulateur pour démasquer le feu; marquer un temps et abandonner le manipulateur en levant vivement le doigt.

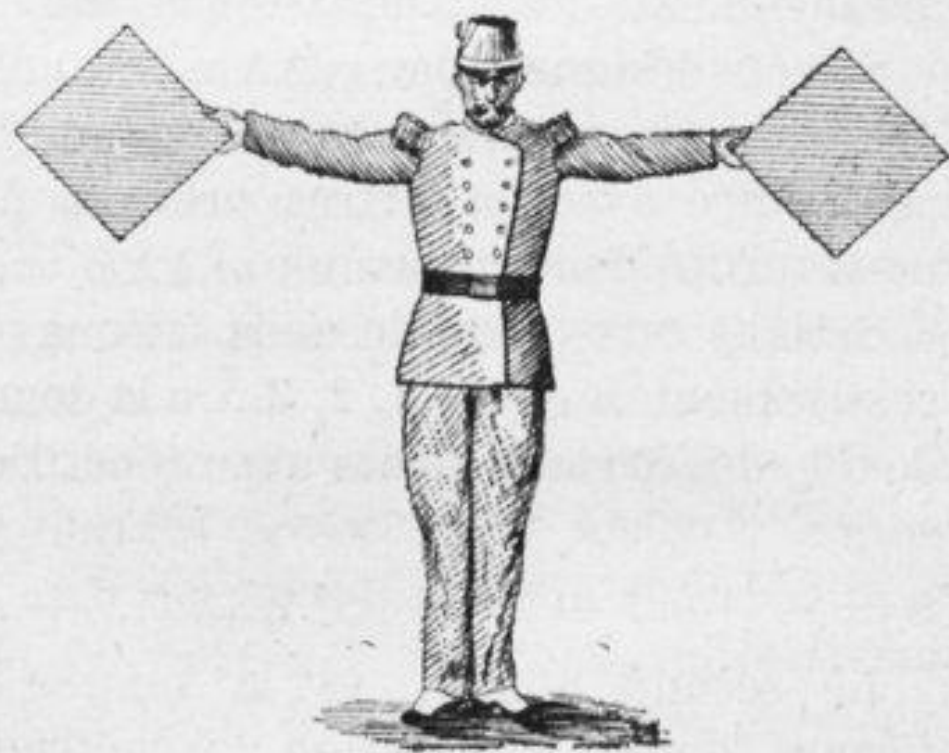


Fig. 330. — Trait.

Fanion-signal. Faire avec les deux bras ce qui a été prescrit pour le bras droit pour le signal du point.

Lanterne. Opérer comme il a été dit pour le signal du point, mais en laissant le feu démasqué pendant quatre temps.

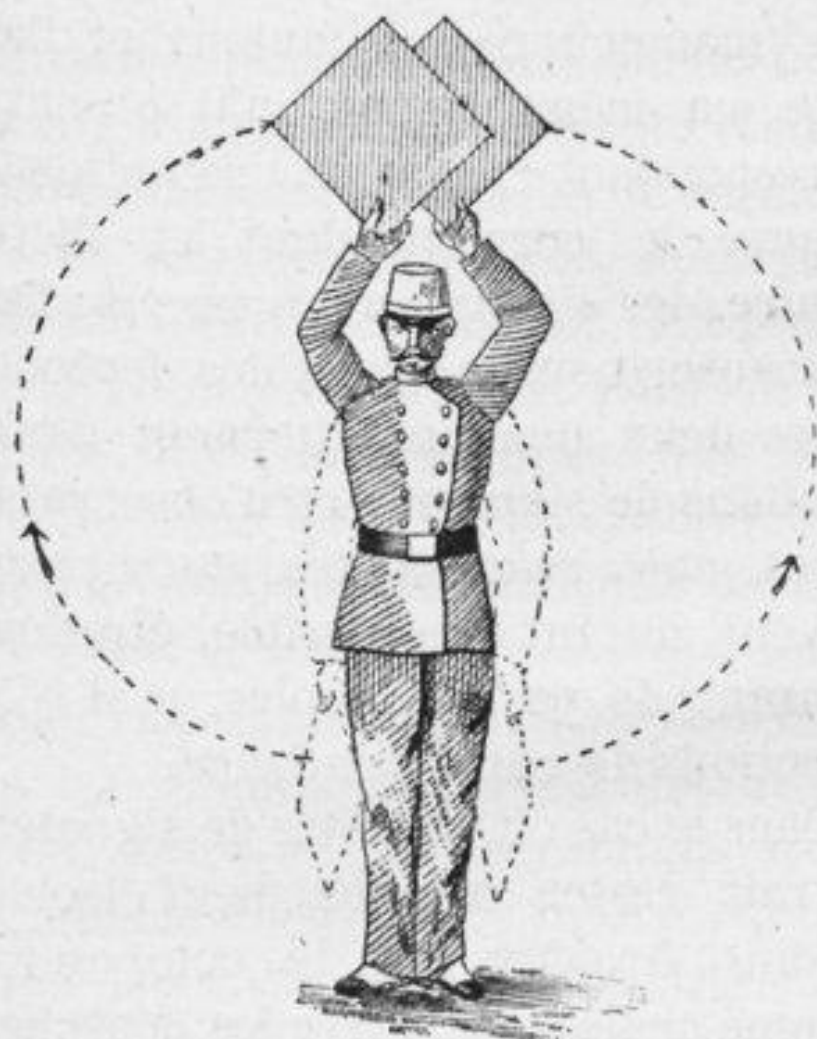


Fig. 331. — Avertissement.

Fanion-signal. Décrire lentement les demi-cercles avec les deux fanions qui viennent se réunir au-dessus de la tête du signaleur. Continuer jusqu'à ce que le correspondant ait fait le signal : « Prêt à recevoir ».

Lanterne. Faire une série de points et de traits jusqu'à ce que le correspondant ait éteint son feu.

CHANGEZ LA FACE DU FANION. LES SIGNAUX NE SONT PAS BIEN VISIBLES. RÉGLEZ LA DIRECTION DU FEU

Fanion-signal. Elever un des fanions, tourner plusieurs fois la main complètement, en échangeant la face du fanion.

Lanterne. Faire une série de points à une cadence plus ou moins rapide, selon que la visibilité augmente ou qu'elle diminue, jusqu'à ce qu'elle paraisse aussi parfaite que possible. Marque alors son feu.



Fig. 332. — Fin de mot.

Fanion-signal. Décrire lentement un demi-cercle avec un fanion.

Lanterne. Intervalle de trois traits.

COUPER LA TRANSMISSION

Pour couper la transmission, faire un trait prolongé avec les fanions ou avec la lanterne.

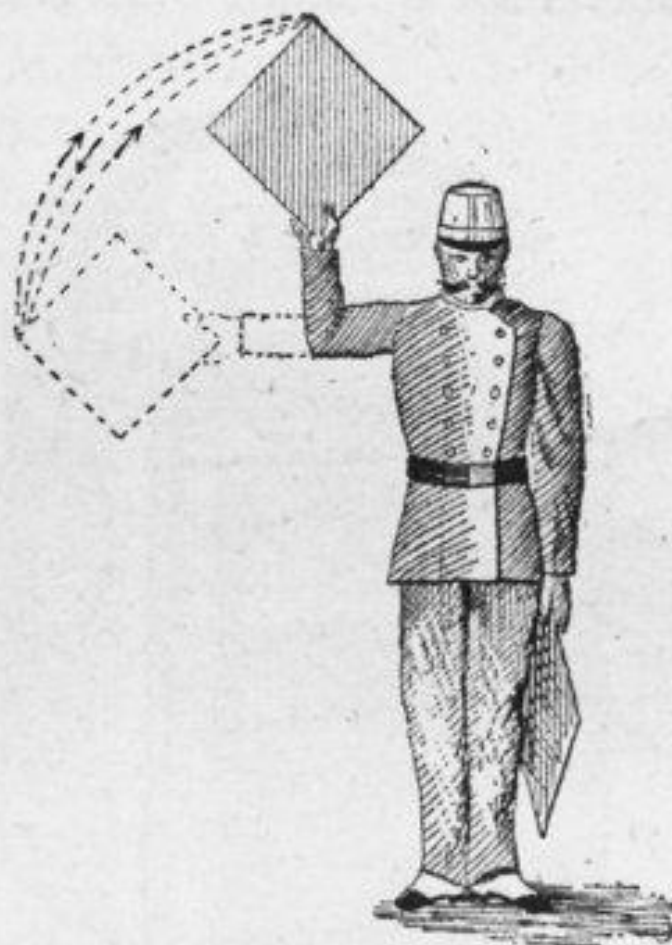


Fig. 333. — Erreur.

Fanion-signal. Allonger le bras droit horizontalement, ramener vivement et à plusieurs reprises l'avant-bras vers la tête, en décrivant un quart de cercle avec le fanion.

Lanterne. Six points.

CADENCE DE LA TRANSMISSION

Les signes se font à la cadence du pas accéléré, soit 120 par minute, mais cette cadence peut être diminuée et portée à 100 ou même 80 par minute, lorsque la distance entre les postes correspondants augmente.

On compte 1 temps pour les points et 4 pour les traits, avec un espacement de :

1 point entre les signes d'une même lettre ;

4 points entre deux lettres ;

3 traits (ou le signal : *fin de mot*) entre deux mots, deux nombres ou signaux conventionnels.

Les signaux de nuit se font au moyen de la *lanterne-signal* ou à défaut de cet appareil à l'aide d'une source lumineuse quelconque et d'un écran.

Les signaux de la lanterne sont visibles jusqu'à 3,000 mètres, dans les conditions ordinaires.

628. La *lanterne signal* (fig. 334) — est de forme cubique et porte, à sa face antérieure, un obturateur à persiennes composé de quatre lamelles dont le jeu, commandé par une tige qui se meut verticalement au moyen d'un manipulateur à charnière, permet de projeter en avant le feu de la lanterne, selon que cette tige étant baissée ou levée, les lamelles s'ouvrent ou se referment. — Cette lanterne est munie d'un pied et de crochets de manière à pouvoir être posée sur un appui horizontal quelconque (fig. 335), ou

à être accrochée à l'angle d'un mur, à un

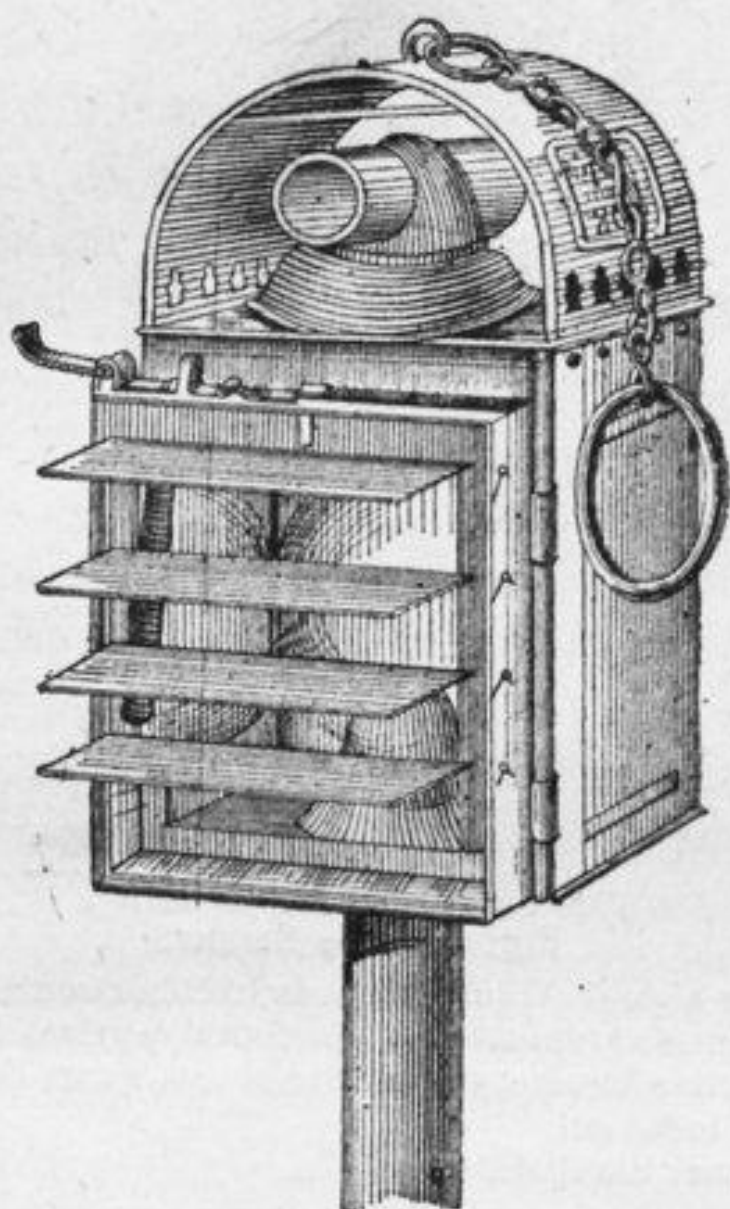


Fig. 334.

arbre, ou même à être fixée au bout d'un fusil, en passant le sabre-baïonnette dans

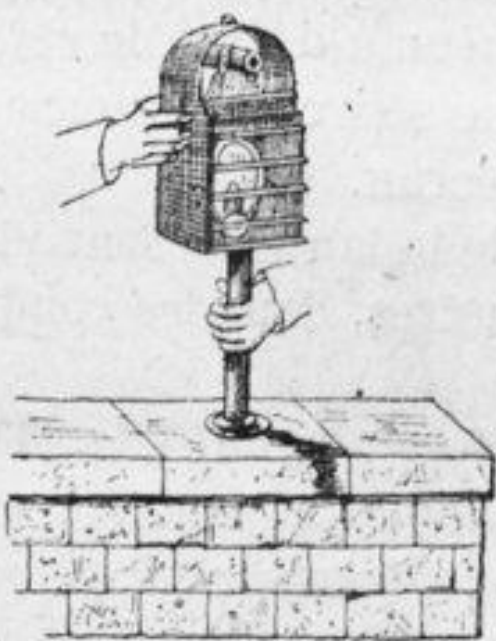


Fig. 335.



Fig. 336.

la glissière et l'échancrure du crochet supérieur (fig. 336).

Personnel.

629. Chaque poste simple se compose de deux hommes; dans la transmission,

l'un manœuvre les fanions et l'autre dicte, en même temps qu'il observe le correspondant; dans la réception l'un observe le correspondant et dicte, à mesure, les sigaux qu'il aperçoit; l'autre les transcrit sur le carnet des dépêches,

Les deux hommes alternent dans les fonctions de signaleur et d'observateur.

Les *postes relais* ou les *postes centraux* doivent, autant que possible, être fournis d'autant de postes simples qu'il y a de directions de correspondance.

Dans le cas où un poste de signalement devrait rester complètement isolé, on adjoint à ceux qui le composent un homme chargé de porter les dépêches.

Emplacement des stations.

630. On doit se préoccuper également de voir et d'être vu. — Pour satisfaire à la première condition, on recherche les positions dominantes; pour satisfaire à la seconde condition, on recherche un fond clair tel que le blanc ou le bleu, de manière que les signaux s'y détachent bien. — Comme conditions secondaires, on évitera les endroits trop fréquentés, afin d'écarter toute confusion; et l'on cherchera à s'abriter du vent qui oppose une résistance aux fanions et fait vaciller la flamme des lanternes.

Une fois l'emplacement choisi, on repère les différentes directions de correspondance, et l'on se met en relation avec tous les correspondants pour leur faire connaître l'emplacement de la station. — Pendant la nuit, celle-ci doit rester marquée par une lanterne démasquée, tournée vers chacune des directions de correspondance.

Correspondance directe. — Le signaleur prend les fanions-sigaux (ou la lanterne) et, se tournant face au correspondant, fait le signal d'avertissement jusqu'à ce que ce dernier lui ait répondu par le signal: « *Prêt à recevoir* ».

La transmission commence alors. — Au

poste transmetteur, l'un des hommes fait les signaux à mesure qu'ils lui sont dictés par l'autre homme du poste. — Ce dernier observe en même temps les signaux que pourrait faire le correspondant, soit pour couper la transmission, soit pour faire répéter un mot ou exprimer que les signaux ne sont pas bien visibles. — La fin de la dépêche est marquée par le signal « *Final* ».

Au poste récepteur, l'un des hommes observe les signaux du correspondant et les épelle, lettre par lettre, tandis que l'autre homme du poste les inscrit sur le carnet des dépêches. — La réception terminée, l'observateur fait le signal « *Compris* » ou procède au collationnement s'il a été demandé.

631. Stations-relais. — Le poste point de départ transmet la dépêche au poste-relais, et celui-ci, se tournant ensuite vers le poste destinataire ou le relais suivant, l'expédie de la même manière.

Dans certains cas, il y a avantage à faire répéter, lettre par lettre, les signaux de poste en poste. Pour cela, l'homme qui exécute les signaux fait toujours face au poste récepteur suivant l'autre signaleur, placé à 5 ou 6 pas du premier et sur le flanc, observe les signaux du poste transmetteur, les inscrit et les dicte au fur et à mesure à l'homme qui signale. Ce dernier ne transmet une lettre que lorsqu'il a vu la lettre précédente répétée par le poste suivant, ou fait le signal : « *Erreur* » pour la répéter de nouveau, si elle n'a pas été comprise.

632. Stations centrales. — Lorsque chaque direction est desservie par un poste simple, l'envoi et la réception des dépêches se font en suivant les règles ordinaires.

Si la station centrale n'est desservie que par un seul poste, et que plusieurs correspondants demandent à entrer en communication, le chef de la station ne fait le signal « *Prêt à recevoir* » qu'à l'un

de ses correspondants, les autres attendent que la réception soit terminée.

La disposition qui se prête le mieux aux principales opérations militaires est celle d'un poste central double, correspondant avec deux postes extrêmes.

633. Instruction des Signaleurs. — Les signaleurs, au nombre de six par compagnie, sont placés pour leur instruction, sous la direction d'un officier désigné par le chef de corps. — Ils sont choisis parmi les hommes intelligents, sachant lire et écrire correctement.

L'instruction se divise en deux périodes :

La première période comprend les exercices préparatoires, ayant pour but de donner aux élèves une connaissance complète de l'alphabet Morse, ainsi que les différentes manières de l'exprimer au moyen des appareils réglementaires ou improvisés.

La deuxième période comprend les exercices d'application, ayant pour but d'apprendre aux élèves les règles de correspondance, et de les habituer au service de transmission dans toutes les circonstances du service en campagne. — Pour cela, les élèves sont formés par groupes de deux et correspondent suivant les règles ordinaires, de jour et de nuit, d'abord à petite distance, puis à des distances de plus en plus considérables. — Ils sont ensuite exercés à correspondre avec un ou plusieurs relais ; enfin leur instruction est complétée par des manœuvres faites avec les troupes, aux exercices de service en campagne, par exemple, où les signaleurs se trouvent dans les conditions se rapprochant le plus de celles qui se rencontrent à la guerre.

On estime qu'il suffit en moyenne de quarante heures, à des soldats intelligents, pour apprendre et exécuter les lettres de l'alphabet, les chiffres et les signaux de service. Dix heures sont ensuite consacrées aux exercices de transmission avec fanions et lanternes, et dix heures à la transmission et à la réception

des dépêches complètes. On commence ensuite les exercices d'application.

Il est recommandé de limiter la durée des séances, surtout au début, pour ne pas fatiguer l'attention des hommes.

Les signaleurs qui ont montré le plus d'intelligence et d'activité reçoivent, comme insignes honorifiques des foudres sur la manche gauche.

634. Le système adopté est simple et pratique, tout en assurant le service aussi bien pendant la marche qu'en position de stationnement.

On a compris, en effet, que s'il est avantageux pour le chef d'être en relation constante avec les fractions de sa troupe au repos, c'est pour lui une véritable nécessité d'être renseigné le plus rapidement possible sur les événements qui peuvent se produire sur un point quelconque de l'échiquier sur lequel manœuvrent ses sous-ordres.

Aussi est-ce surtout pendant la marche, pendant les applications au service en campagne et les exercices de combat, que l'on fait aujourd'hui le plus ordinairement usage de la correspondance par signaux.

Les résultats obtenus sont très satisfaisants depuis que l'on a admis des règles simples, constamment applicables, et qui permettent à chacun, aux divers échelons du commandement, de n'avoir à se préoccuper que d'assurer le fonctionnement à l'arrivée d'une seule ligne de correspondance.

Ces règles sont les suivantes :

1° La correspondance doit se faire de supérieur à inférieur direct et réciproquement;

2° C'est à l'inférieur que revient le soin de prendre les dispositions nécessaires pour constituer la liaison avec son supérieur.

Il y a en outre à prendre les mesures suivantes pour conserver la trace des opérations faites.

635. Règles de service. — Toute dépêche officielle doit être inscrite, au départ et à l'arrivée, sur un carnet spécial dont chaque feuillet numéroté est divisé en 4 parties le talon, la souche, le télégramme, le reçu (fig. 337).

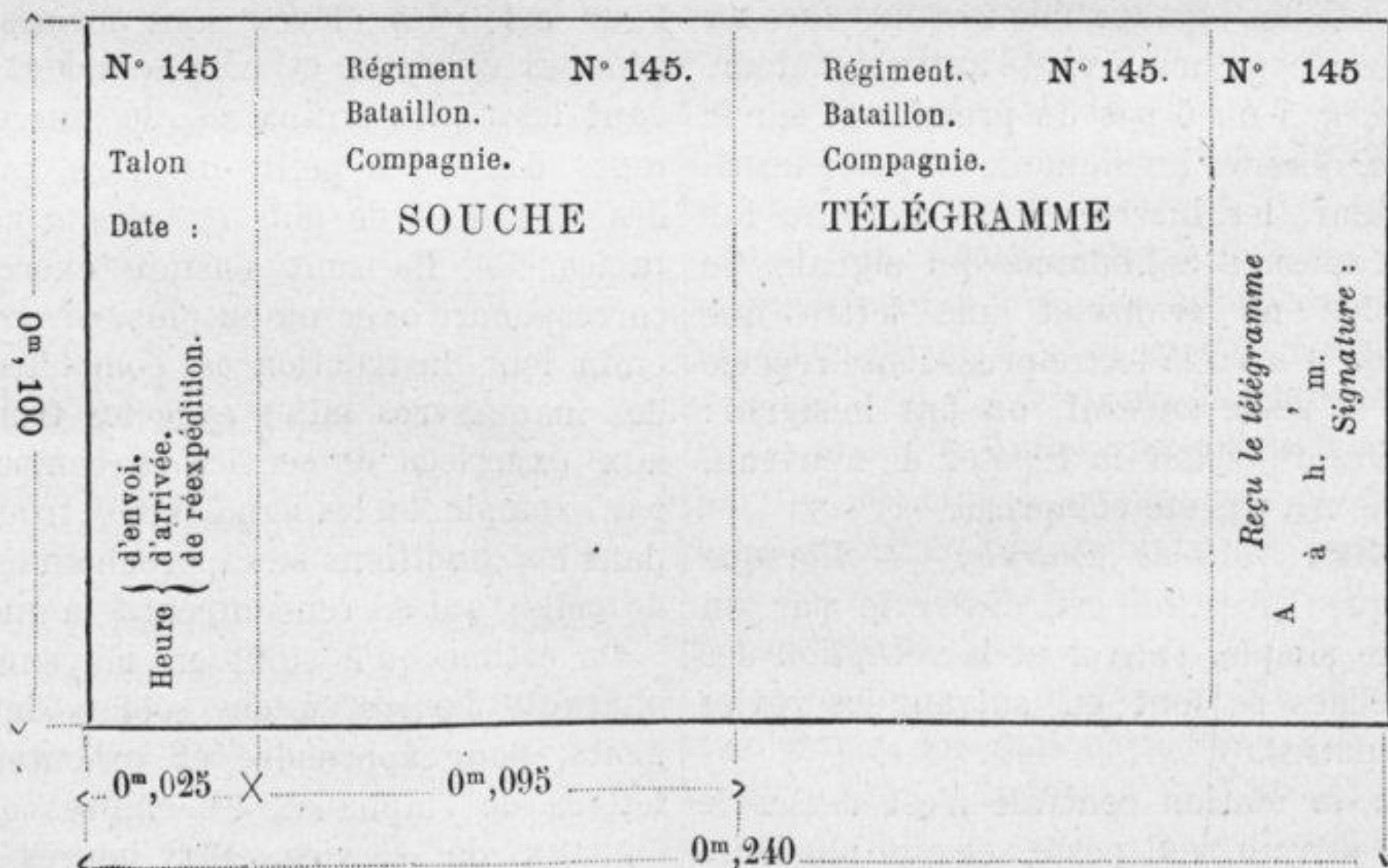


Fig. 337.

La souche est destinée à l'inscription de la dépêche avec les abréviations

qu'elle comporte, tandis que le télégramme reçoit l'inscription de la dépêche

en langage usuel, sans abréviations, et est envoyé aux destinataires.

Une dépêche reçue par un poste intermédiaire est inscrite seulement sur la souche.

En campagne ou en manœuvres, toutes les souches du carnet remplies dans la journée sont remises chaque soir au commandant de compagnie avec les originaux des dépêches déposées et les dépêches reçues.

636. *Placement des instruments sur le havre-sac.* — La figure 338 indique de

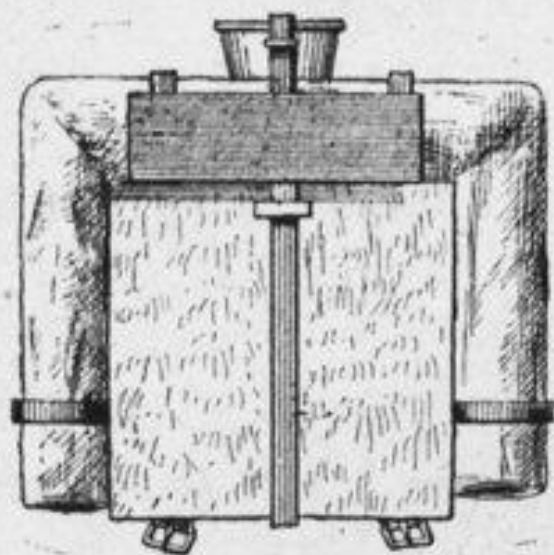


Fig. 338.

quelle manière la lanterne, remisee dans son étui est placé sur le havre-sac; la figure 339 donne la même indication pour

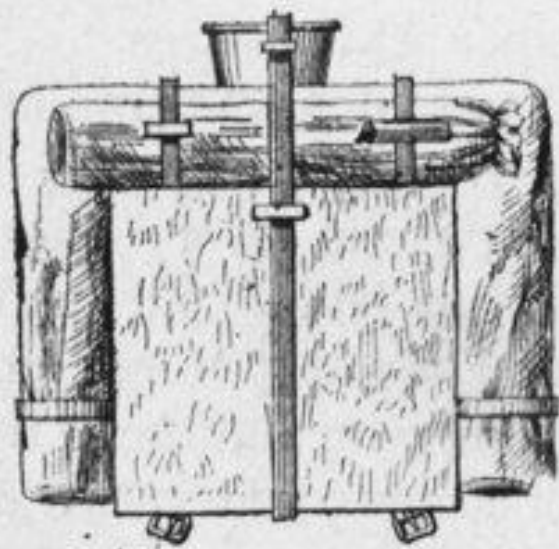


Fig. 339.

les deux fanions-signaux placés dans leur étui.

Signaux dans les armées étrangères.

637. Dans la plupart des armées étrangères, il existe également des règlements de signaux, à l'aide desquels on correspond à d'assez grandes distances

Sciences appliquées.

par un système de relais de fantassins ou de cavaliers, se renvoyant de proche en proche des signaux exécutés avec leur arme, leur capote ou manteau, leur coiffure, etc.

Nous allons esquisser rapidement les procédés qui ont paru à la fois les plus sûrs et les plus rapides, parmi ceux employés dans les différentes armées étrangères

638. *Table de Polybe.* — Si nous remontons jusqu'aux temps de l'antiquité, nous trouvons dans Polybe une méthode de correspondance par signaux qui a été utilisée pour les codes modernes de signaux, en remplaçant les lettres grecques par celles de notre alphabet, et en numérotant les colonnes et les lignes.

Dans ce système, les vingt-cinq lettres de l'alphabet sont groupées en cinq colonnes de cinq lettres chacune (fig. 340).

	1	2	3	4	5
1	A	B	C	D	E
2	F	G	H	I	J
3	K	L	M	N	O
4	P	Q	R	S	T
5	U	V	X	Y	Z

Fig. 340

Les correspondants ayant chacun un tableau où les lettres sont ainsi groupées dans un ordre convenu, il suffit alors de transmettre, par exemple au moyen d'éclipses lumineuses à intervalles convenus, le numéro de la colonne et celui de la ligne où se trouve la lettre à envoyer.

Ainsi par exemple le signal 3-2 représentera un H, le signal 5-5 un Z. Dans la figure ci-dessus nous avons disposé les lettres en suivant leur ordre alphabétique, mais rien n'empêche d'intervertir cet ordre comme on le voudra; la seule chose essentielle est que les lettres soient

disposées de la même manière sur les tableaux des différents correspondants.

Ce procédé qui a eu dans l'antiquité de nombreuses applications, mais que l'on n'emploie plus guère de nos jours, parce qu'on en a trouvé de plus perfectionnées, réunit bien les conditions de rapidité et de sûreté que doivent remplir les systèmes de transmission par signaux optiques.

639. Signaux au moyen de drapeaux ou de lanternes. — Un autre procédé, employé d'une manière générale dans les armées civilisées, consiste à faire des signaux composés de deux symboles, au moyen de drapeaux ou de disques pendant le jour, et de lanternes pendant la nuit.

Les deux symboles composant les signaux peuvent être obtenus à l'aide d'un seul drapeau ou d'un seul disque.

Pour cela, le signaleur, après avoir placé son fanion verticalement devant lui, l'abaisse jusqu'à terre à sa droite et le ramène dans la position verticale pour indiquer le symbole 1 (fig. 341).

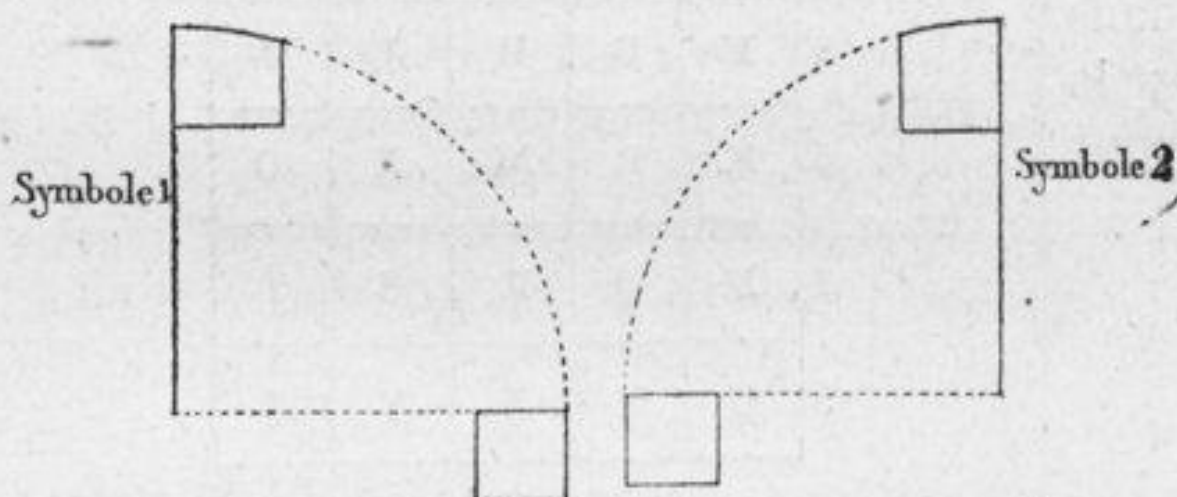


Fig. 341.

Le même mouvement fait à gauche indique le symbole 2.

Les mouvements sont faits à la cadence d'environ soixante par minute et en intercalant des repos entre les lettres et les mots; on arrive ainsi à figurer une moyenne de douze lettres par minute.

A la fin de chaque mot, le signaleur abaisse le pavillon directement devant lui et le ramène ensuite dans la position verticale.

Les mouvements destinés à signaler un mot se succèdent avec des pauses de deux secondes.

On comprend très bien que, en considérant le symbole 1 comme l'équivalent du point de l'alphabet Morse et le symbole 2 comme l'équivalent du trait, on arrive à transmettre toutes les dépêches, même chiffrées.

Le seul inconvénient est que la transmission est peut-être un peu lente, mais on peut l'accélérer beaucoup, en faisant usage de deux drapeaux au lieu d'un pendant le jour. On admet alors qu'un drapeau levé indique le symbole 1 ou un point et que les deux drapeaux levés à la fois représentent le symbole 2 ou un trait (fig. 342).

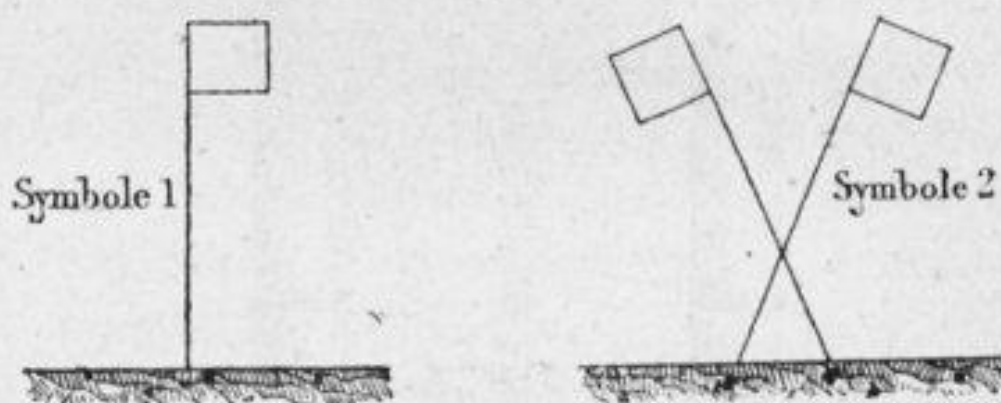


Fig. 342.

La nuit les signaux peuvent se faire au moyen d'une lanterne à réflecteur dont les signaux se voient jusqu'à 4 kilomètres.

A cet effet, un écran mobile manœuvré par un homme permet de découvrir le foyer lumineux pendant un temps court pour figurer le point de l'alphabet Morse, et pendant un temps long pour figurer le trait.

L'emploi de deux lanternes a été rejeté, parce que les foyers se confondent facilement, même à de petites distances.

Afin que l'ennemi ne puisse pas saisir le sens des dépêches ainsi transmises, même s'il apercevait les signaux, on fait usage de la cryptographie, dont il sera question plus loin. De cette façon, le procédé qui vient d'être décrit remplit les conditions requises pour un système de télégraphie militaire par signaux, c'est-à-dire la précision et la sécurité.

640. Système au moyen de six posi-

tions. — Un autre système consiste à définir 6 positions représentant les 5 premiers chiffres et la position du repos.

Il est nécessaire d'avoir une position dite de repos servant le signal de repère pour la fin des groupes qui comprennent les mots, les périodes, etc.

La position de repos au zéro est obtenue en plaçant le fanion vertical (*fig. 343*).



Fig. 343.



Fig. 344.

La position 1 est obtenue en inclinant le fanion à gauche (*fig. 344*).

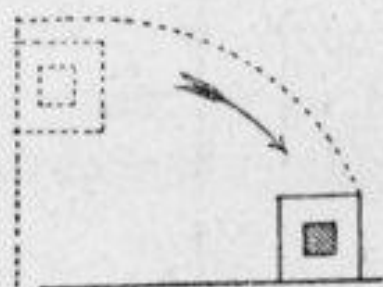


Fig. 345.

La position 2 est obtenue en inclinant le fanion à droite (*fig. 345*).

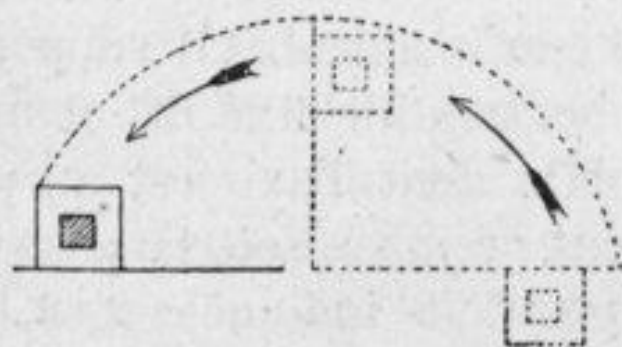


Fig. 346.

La position 3 est obtenue en conduisant le fanion de droite à gauche (*fig. 346*).

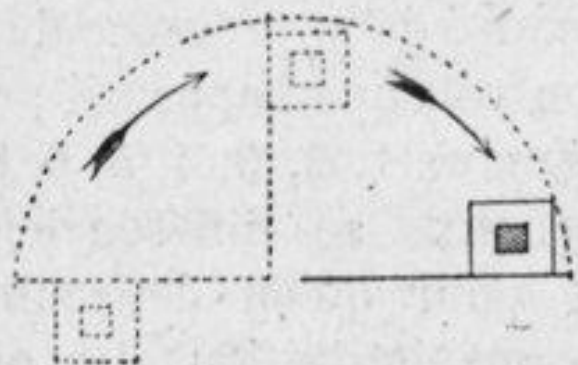


Fig. 347.

La position 4 est obtenue en conduisant le fanion de gauche à droite (*fig. 347*).



Fig. 348.

La position 5 est obtenue en baissant le fanion en avant (*fig. 348*).

Avec ces cinq symboles et un tableau commecelui qui a été indiqué (*fig. 340*) pour le procédé de Polybe, on peut établir un système de correspondance par signaux remplissant toutes les conditions nécessaires.

Ces signaux ont l'inconvénient d'être d'un emploi difficile par un vent debout ou arrière; aussi a-t-on imaginé de remplacer les fanions par des disques rigides qui auront l'avantage de présenter toujours la même surface.

Nous pourrions indiquer un très grand nombre d'autres systèmes, plus ou moins ingénieux, plus ou moins compliqués et surtout plus ou moins pratiques.

Ces systèmes présentent en général l'inconvénient de manquer de précision, de ne pouvoir fonctionner que lorsque l'atmosphère est pure, et surtout d'exiger des hommes ayant une certaine habileté, une certaine pratique des appareils et des signaux. Aussi les militaires qui les préconisent réclament-ils tous en même temps la formation d'un corps spécial, appelé *Corps des Signaleurs*, qui serait formé par un prélèvement de quelques hommes pris dans chaque compagnie d'infanterie et exercés d'une manière spéciale.

La France n'a pas voulu jusqu'à présent et avec raison, selon nous, entrer dans cette voie qui aurait l'inconvénient de réduire encore l'effectif des combattants; elle s'est contentée d'enseigner dans les écoles militaires, les principes

de la télégraphie par signaux à ses officiers, et ce sont ceux-ci qui en cas de besoin organisent ces systèmes de communications au moyen des procédés les plus simples et qui ne demandent pas d'instruction préalable de la part des sous-officiers et soldats qui y seraient employés comme auxiliaires.

Enfin, on compte surtout, en France, sur les appareils à lentille de campagne qui ont une portée, une vitesse de transmission, bien supérieure aux systèmes des signaux isolés, et qui surtout offrent beaucoup plus de sécurité.

Télégraphie à bras ou Sémaphorique.

641. Télégraphe à bras. — Dans les grandes lignes qui doivent avoir une certaine permanence, on emploie avec avantage le télégraphe à bras, utilisant les hauts sommets, tours, etc.

On a établi ainsi des communications de plus de 300 kilomètres pendant la guerre civile des Etats-Unis. Les bras doivent avoir 0^m,315 de longueur pour les distances moyennes, avec une augmentation de 3 centimètres par chaque distance de 1,500 mètres en plus.

On peut construire de tels appareils, même grossièrement, avec la plus grande facilité, en se procurant du bois sur place, dans les chantiers ou dans les forêts.

On les manœuvre au moyen de cordes et de grosses pierres en guise de contre-poids, pour obtenir les positions nécessaires pour la transmission.

Comme exemple de l'emploi de la télégraphie à bras, nous donnons ci-après la description d'un appareil imaginé par le commandant Bertin de l'artillerie de marine, en vue d'assurer entre les Saintes et la Basse-Terre l'organisation d'un service de télégraphie par signaux

optiques, qui dans la suite pourrait être étendue aux autres dépendances de la colonie.

642. Description de l'appareil. — L'appareil est ainsi constitué (fig. 349):

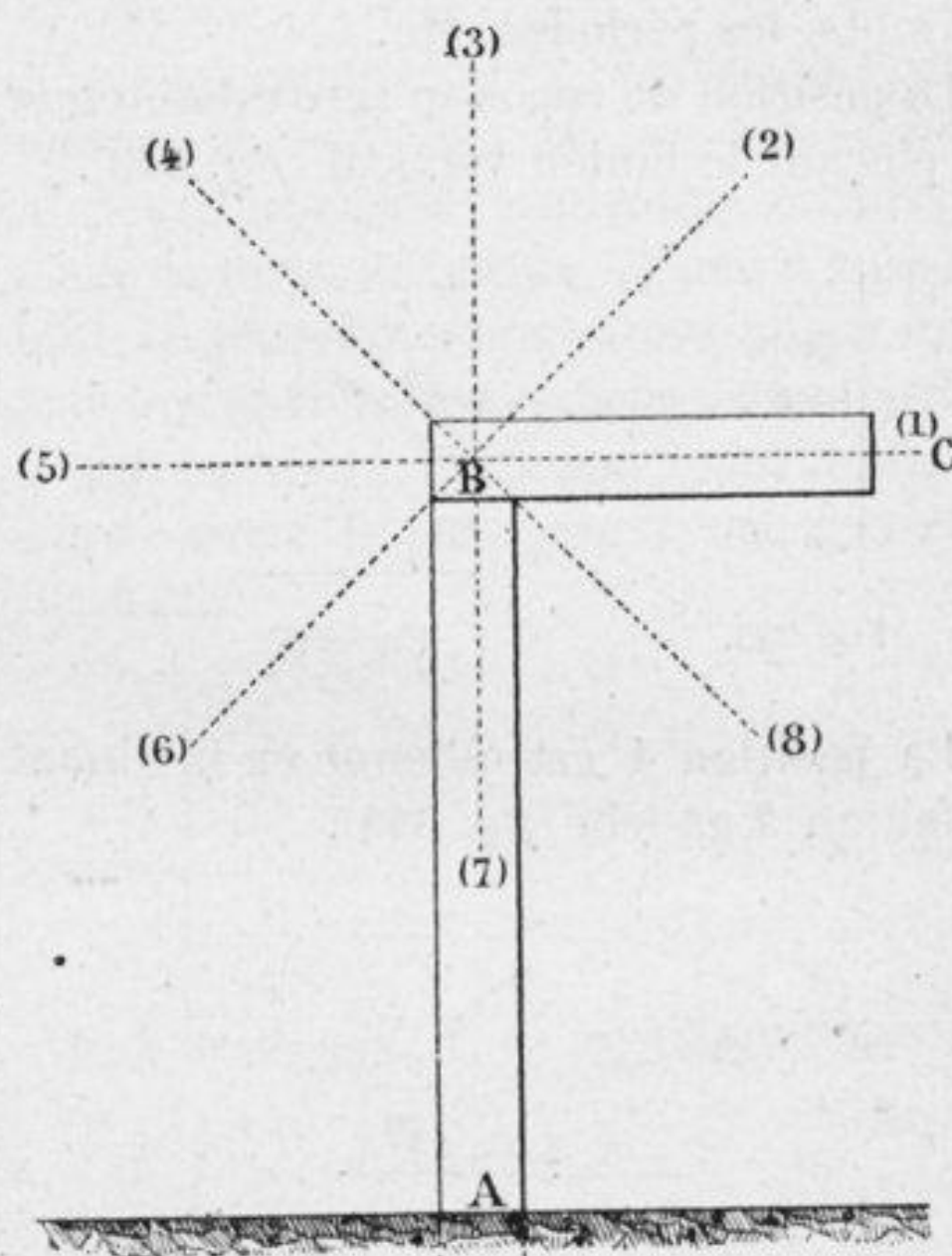


Fig. 349.

Un poteau vertical AB supporte une traverse horizontale fixe BC et une traverse mobile dont l'axe est au point B et qui peut prendre, soit la position BG, soit les positions indiquées 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. Elle est équilibrée de manière à conserver indifféremment toutes les positions.

En négligeant la position 7, qui se reconnaît assez difficilement de la position 1 à cause de la présence du poteau-support, on voit que l'appareil permet de faire les signaux 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8.

Les signaux se différencient assez nettement pour qu'on détermine leurs numéros sans hésitation dès qu'on les distingue. On s'est servi de lunettes marines montées sur trépied. Au moyen d'une table à double entrée analogue à la table de Polybe (fig. 340) mais présen-

tant un plus grand nombre de cases; deux signaux successifs et différents déterminent une lettre de l'alphabet. Les cases qui restent disponibles dans cette table peuvent être consacrées aux indications de service suivant les conventions.

643. Règles admises. — On a admis les règles suivantes.

Après chaque lettre on revient à la position 1. (C'est pourquoi on ne la fait pas figurer sur la table à double entrée.)

Après chaque mot on fait un tour entier.

Au commencement et à la fin de chaque communication, on fait plusieurs tours. Pour indiquer que l'on veut communiquer, une boule est hissée sur un mât à côté de l'appareil. La station opposée répond par le même signal qu'elle est prête. Pour indiquer que l'on va envoyer une dépêche, descendre et remonter la boule jusqu'à ce qu'il y ait réponse semblable du poste opposé.

644. Résultats obtenus. — Le journal militaire officiel du 1^{er} juillet 1885 rend compte, de la manière suivante, des résultats obtenus :

« L'appareil des Saintes est de petites dimensions. La traverse mobile a 1 mètre de longueur sur 20 centimètres de largeur; elle est peinte en noir. Ce sont à peu près les dimensions des ailes du télégraphe Chappe. » (Ancien système de télégraphie aérienne dont on faisait usage avant l'invention de la télégraphie électrique.)

« Placé sur la terrasse du fort Napoléon, l'appareil se détache sur le ciel et se voit très nettement quand il fait beau. Toutefois il faut qu'il se détache sur le ciel. — Dans une première expérience il avait été placé de telle façon qu'il se projetait sur les constructions placées derrière lui, et c'était à peine si on pouvait l'apercevoir.

« Le poste opposé a été placé aux Trois-Rivières, à côté de l'usine Boulogne et à une distance de 12 kilomètres du précédent.

« De ce côté, il n'est pas possible de le placer de telle sorte qu'il se détache sur le ciel, car on a derrière soi des montagnes qui s'étendent à de grandes distances. Aussi on n'est arrivé à communiquer qu'en augmentant beaucoup les dimensions de la traverse mobile, qui a 2^m,20 de longueur sur 40 centimètres de largeur, et en la peignant rouge vermillon, de façon qu'elle se détache nettement sur le fond des montagnes.

« Dans ces conditions, on a pu facilement communiquer et échanger des dépêches par un beau temps. — La vitesse de transmission a été d'environ une minute et demie par mot. — Avec un peu d'exercice, on arrivera sans doute à une plus grande rapidité.

« Par un temps brumeux ou pluvieux, les signaux des Saintes sont encore perçus, tandis qu'il est impossible de distinguer aux Saintes les signaux faits aux Trois-Rivières. — Généralement le matin est préférable.

« Il faut au moins deux hommes à chaque poste. Avant d'envoyer une dépêche on l'écrit en chiffres. — L'un dicte pendant que l'autre manie l'appareil suivant les indications du premier.

« Pour recevoir une dépêche, l'un est à la lunette et dicte en chiffres la dépêche à l'autre; elle est ensuite transmise en écriture ordinaire. »

Télélogue.

645. Le capitaine Gaumet, actuellement décédé, a imaginé un genre de télégraphie optique par signaux auquel il a donné le nom de télélogue. La transmission se fait au moyen des caractères alphabétiques et des chiffres usuels, les caractères sont en clinquant sur fond noir mat, afin de les rendre plus perceptibles; ils sont rassemblés sous forme d'album, dans lequel le chiffre prend le verso d'une feuille et le recto de la feuille suivante (fig. 350).

Les albums sont de différentes grandeurs ; les plus petits, qui ont une portée



Fig. 350.

de 4 kilomètres, ont 0,43 de hauteur sur 0,33 de largeur ; les plus grands permettent d'échanger des dépêches à une distance de 12 kilomètres.

La réception des signaux se fait au moyen d'une longue-vue de campagne reposant sur l'album, sa puissance est naturellement proportionnée à la distance à laquelle l'album permet de transmettre.

La nuit, les signaux sont éclairés par une ou deux lampes déposées dans une cage en tôle formant réflecteur. Ces lumières servent en même temps d'avertissement. Pour correspondre, un des opérateurs explore par petits secteurs, à l'aide de la lunette, le terrain où doit se fixer le poste opposé ; lorsqu'il l'a découvert, il installe son album en conséquence. Le second correspondant opère de la même manière. La dépêche se transmet en mettant en évidence les lettres des mots à envoyer.

Dans le cas où l'on aurait à craindre que les signaux pussent être interceptés par l'ennemi, on ferait usage d'une clef

permettant de rendre la dépêche incompréhensible pour tout autre que le destinataire.

Ce système est ingénieux et ne demande aucun apprentissage de la part de ceux qui l'emploient, soit pour transmettre, soit pour recevoir des dépêches ; enfin il est moins sujet à erreurs que les systèmes avec drapeaux ou lanternes : puisque c'est la lettre elle-même que l'on transmet ou que l'on reçoit, et non pas un symbole représentatif ; toutefois il est bien inférieur à l'appareil optique de campagne à lentille, surtout au point de vue de la vitesse et de la sécurité de transmission ; enfin il n'est pas plus portable ni d'un prix de revient moins élevé que ce dernier ; c'est pourquoi on continue avec raison à préférer l'appareil de campagne à lentille.

Feux et fusées.

646. Espèces. — Pour les signaux de nuit, on fait usage dans certaines armées et notamment dans l'armée française des cartouches de feux de composition Costou et de fusées.

647. Les feux de composition Costou sont faits avec les combinaisons des lumières blanche, rouge et verte. Ces lumières sont obtenues à l'aide d'étoiles de composition différente qui sont disposées par une, par deux, ou par trois dans des cartouches.

Les cartouches sont numérotées depuis 0 jusqu'à 9. Il y en a deux aussi pour des signaux conventionnels.

Quand on veut faire un signal, les feux qui doivent le composer sont disposés d'avance dans l'ordre voulu, et fixés successivement sur un manche à douille ; on allume avec un bout de mèche à canon après avoir décoiffé l'artifice et on tend le bras complètement pour tenir le feu horizontalement.

648. Les feux Lamarre sont les uns blancs, les autres rouges ; ils permettent

par suite d'obtenir les deux symboles nécessaires pour figurer les caractères de l'alphabet Morse.

Ces feux sont obtenus à l'aide d'une composition enfermée dans une toile caoutchoutée et retenue par une ligature à chaque extrémité; l'un des bouts est amorcé par un brin de mèche à étoupille.

649. Les *fusées* ont l'avantage de s'élever à une grande hauteur et de permettre ainsi de correspondre entre des points qui ne se voient pas. — On peut en employer de différentes couleurs de manière à former des signaux composés de deux symboles ou davantage.

Les feux et fusées présentent les inconvénients ci-après :

1° D'attirer trop vivement l'attention de l'ennemi ;

2° De ne pouvoir être obtenus qu'à l'aide d'approvisionnements assez encombrants et qui seraient très rapidement consommés, si on voulait s'en servir pour une correspondance journalière et suivie.

Pour ces différentes raisons on les réserve uniquement pour certains cas déterminés, par exemple, pour les jours où l'on ne pourra pas utiliser la télégraphie électrique de campagne, quand on traversera des pays montagneux ou des passes difficiles où il serait trop long et souvent même impossible d'installer des communications électriques.

En mer, ils permettent de communiquer par un temps brumeux et de recevoir des avertissements ou renseignements des côtes maritimes.

Signaux acoustiques.

650. Les signaux acoustiques peuvent se faire à l'aide du clairon, du sifflet de cloches, de pétards, de coups de fusils ou de canon, etc.

Leurs inconvénients sont d'être sujets à erreur et de donner facilement l'éveil à l'ennemi, aussi on n'en fait usage que lorsqu'il est impossible d'employer les

autres, par exemple, par les temps de brume, de brouillards.

En attribuant aux divers sons des numéros ou des lettres alphabétiques, on comprend sans peine comment on arrivera à reproduire tous les caractères alphabétiques, ainsi que tous les chiffres et tous les signaux conventionnels. Exemple *un, pause; un, deux, pause; —* et ainsi de suite, ce qui en se rapportant au code de chiffres convenu d'avance signifieront *12 — observez l'ennemi dans la direction de.....* etc.

C'est au moyen des sons plus ou moins prolongés, produits par le levier du télégraphe Morse attiré par l'action du courant électrique, que les télégraphistes habiles comprennent au son, dans les parleurs, les points et les traits élémentaires de l'alphabet Morse.

Signaux chronosémiques.

651. Dans le système de télégraphie par signaux chronosémiques, on prend pour base, pour *signaux élémentaires*, non pas les signaux acoustiques eux-mêmes, mais les intervalles de temps qui s'écoulent entre deux signaux consécutifs.

Ce système est tout récent et a pour but de suppléer aux difficultés très grandes de correspondre par des signaux optiques quand l'état de l'atmosphère ne permet pas de les voir ou de les distinguer avec netteté.

Si l'on prend la seconde comme unité d'intervalle, on représentera, par une seconde le signe élémentaire 1; par deux secondes, le 2, et ainsi de suite jusqu'au nombre n de signaux élémentaires dont on aura besoin pour former un code, le nombre n est généralement très petit pour ne pas compliquer et alourdir la transmission.

L'unité de temps adoptée pour représenter le symbole 1 s'appelle unité initiale ou unité d'intervalle. Cette unité est arbitraire, mais la pratique a démontré

qu'elle ne doit pas dépasser trois secondes.

Pour représenter dans ce système, le zéro qui correspondrait à une intervalle moindre que l'unité, on est convenu de l'exprimer par le mot *moindre*.

La transmission des signaux chronométriques se fait en transmettant successivement, dans l'ordre où ils sont écrits, les signes numériques qui les composent.

En commençant par la gauche, le signal final du premier symbole sera l'initiale du second; le final de celui-ci sera par la même raison l'initiale du troisième et ainsi de suite. Il en résulte qu'une combinaison de deux symboles sera représentée par deux intervalles et trois signaux, etc.

652. Exemple — Soit à télégraphier le groupe 1254, avec l'unité égale à cinq secondes, et par le tir du canon, comme signal acoustique. On aura à tirer cinq coups de canon aux intervalles suivants :

1^{er} Tir initial : intervalle, cinq secondes.

2^e Tir initial : intervalle, dix secondes
(2 × 5)

3^e Tir initial : intervalle, 25 secondes.
(5 × 5)

4^e Tir initial : intervalle., 20 secondes.
(4 × 5)

5^e Tir final.

La dépêche, pour la transmission, comme pour la réception sera écrite de la manière suivante :

$S_1 \ S_2 \ S_3 \ S_4 \ S$

On n'aura qu'à se reporter au code adopté pour en trouver la signification.

Le signal d'*attention* consiste en 2 signaux, soit 2 coups de canon, tirés à intervalle moindre que l'unité initiale, c'est-à-dire moindre que 5 secondes, le signal est donné par la formule $S_1 \ S$. Il sert à prévenir le poste correspondant que l'on a une communication à transmettre, et il est répété jusqu'à ce que ce poste réponde par 2 signaux, c'est-à-dire par 2 coups de canon tirés à

intervalle égal à l'unité initiale, soit 5 secondes; ce signal est représenté par la formule $s_1 \ S$. La transmission peut alors commencer.

Pour faire ces signaux avec précision, on peut employer tous les appareils servant en général à mesurer et à compter les secondes, un chronomètre, un métromone, une horloge à secondes, un sablier etc.

653. Chronoscope. — Toutefois on a imaginé un instrument spécial, appelé chronoscope, permettant une rapide et rigoureuse observation des signaux chronométriques. Le chronoscope consiste en un petit appareil d'horlogerie avec un timbre et un arrêt. A la surface supérieure de la boîte du mécanisme il y a deux cadrans chacun avec une aiguille. Un des cadrans sert à indiquer les secondes et l'autre les unités d'intervalle. Au moyen d'une disposition spéciale par le réglage de timbre et des arrêts, on arrive à faire marquer exactement l'unité d'intervalle adoptée aux aiguilles du deuxième cadran. Il faudra, bien entendu, pour l'échange des communications entre le transmetteur et le récepteur, que les cadrans des deux stations soient réglés en parfaite concordance; un petit ressort fait arrêter l'appareil quand on a pas besoin de s'en servir.

Le procédé le plus usité et le plus pratique pour faire des signaux chronométriques consiste à employer les fusées. — On prend alors pour moment d'exécution du signal celui de l'explosion. Les signaux ont de plus l'avantage de pouvoir être vus quand on ne les entend pas, car la fumée de l'explosion est visible des points qui seraient cachés au signaleur.

Quand l'unité d'intervalle est de 5 secondes, on a remarqué qu'une erreur de deux secondes est sans inconvénient.

Pour le service de la marine, comme pour le service des armées de terre, ces signaux sont quelquefois d'une impor-

tance considérable, car ils permettent de communiquer par un temps brumeux, alors que toute autre communication télégraphique serait impossible, y compris même la télégraphie électrique que l'on ne peut installer entre un navire en mer et la côte, de même que dans certains pays montagneux ou dans des passes difficiles.

On pourrait également appliquer la méthode *chronosémique* aux signaux optiques, mais il n'y aurait que des inconvénients à employer ce système qui est beaucoup plus compliqué et plus sujet à erreur que l'observation directe des signaux optiques, et dont on ne se sert, ainsi que nous venons de le dire, qu'avec les signaux acoustiques, lorsque toute autre communication télégraphique est impossible.

Organisation des postes.

654. Les emplacements dont on fera choix pour y installer des postes de signaux optiques devront, autant que possible, satisfaire aux conditions suivantes :

1° Occuper les points culminants de manière à voir les postes voisins et les points importants du terrain à observer;

2° La couleur du fond sur lequel se détacheront les signaux doit être telle qu'on puisse les distinguer facilement. Pendant le jour les signaux se détacheront sur le ciel si cela est possible; en tous cas, il faut éviter les fonds de différentes couleurs et rechercher les fonds unis;

3° La nuit, il faut éviter que les lumières voisines puissent être confondues avec celle de la lanterne-signal.

Le personnel d'un poste se compose d'un chef de poste, de deux signaleurs et d'un certain nombre de cavaliers chargés de porter les dépêches.

Service des postes.

655. Dès qu'un poste est installé, il donne l'appel à ses correspondants. Quand le poste appelé a répondu, le chef de poste annonce à l'autorité intéressée que la communication est établie.

Dans la manœuvre des drapeaux ou des lanternes les télégraphistes transmettent les dépêches en employant les signaux conventionnels du tableau, ainsi que les abréviations les plus nécessaires.

La transmission et la réception ont lieu d'après les règles de la télégraphie ordinaire, qui doivent être suivies ponctuellement par les signaleurs correspondants, afin d'éviter toute erreur ou confusion.

Le texte de la dépêche est transmis après le préambule, exactement comme l'expéditeur l'a écrit.

Le signaleur qui reçoit écrit sur son carnet tout ce que son correspondant lui donne au fur et à mesure de la transmission.

Le signal *fin de la transmission* est donné après que tout ce qui concerne la dépêche a été transmis. Après ce signal, vient la répétition ou le collationnement de la part de celui qui a transmis la dépêche. Les dépêches importantes sont collationnées intégralement. — Quand aux autres télégrammes, le collationnement consiste dans la répétition des nombres, des noms propres, des mots douteux et des mots qui renferment le sens principal de la dépêche.

Après répétition et rectification s'il y a lieu, le signal *accusé de réception* transmis de part et d'autre, indique que la dépêche est terminée.

Cryptographie.

656. La cryptographie est l'art de rendre le texte de la communication

incompréhensible pour toute autre personne que le destinataire. C'est l'auxiliaire indispensable de la télégraphie militaire par signaux optiques, et c'est pour cette raison que nous en parlons dans le présent traité

Il est facile de concevoir une foule de méthodes cryptographiques, mais toutes ne sont pas propres à la correspondance et beaucoup se laissent déchiffrer.

Dans cette dernière catégorie, on peut ranger celles qui sont simplement basées sur l'intervention des lettres de l'alphabet, ou sur leur remplacement par des nombres.

On peut composer l'écriture de signes dont le sens est convenu entre les correspondants ; on emploie les lettres de l'alphabet, les chiffres, les points, etc.

On peut aussi se servir de mots et de phrases auxquels on fait dire le contraire de ce qu'ils signifient ordinairement.

On peut encore introduire dans l'écriture des syllabes ou des phrases insignifiantes appelées *non-valeurs*.

Enfin on peut former des dictionnaires dans lesquels les mots sont remplacés par d'autres.

On appelle *chiffre chiffant*, un tableau qui contient les lettres et les mots dont on doit se servir, ainsi que les nombres, chiffres ou caractères qui les représentent.

Le *chiffre déchiffrant* est un tableau semblable, mais inversement disposé.

Ces deux tableaux peuvent être à simple clef ou à double clef.

Dans le premier cas, la même figure désigne toujours la même lettre, tandis que dans le second où change d'alphabet à chaque mot, ou bien on emploie des mots inutiles.

Une méthode cryptographique fort simple consiste à convenir d'un livre peu connu, qui sert pour ainsi dire de vocabulaire. Alors on forme une clef de trois chiffres, le premier indiquant la page, le second la ligne, le troisième le mot. — Une

dépêche écrite de cette façon ne peut être comprise que de ceux qui connaissent le livre choisi.

Ces notions sommaires suffisent à faire comprendre en quoi consiste la cryptographie, et comment l'on peut arriver avec son aide à rendre les dépêches intelligibles pour tous ceux qui ne possèdent pas la clef adoptée.

On se rendra facilement compte dans chaque cas particulier de la méthode de cryptographie adoptée, et de la manière de s'en servir pour transmettre et pour recevoir les dépêches.

Avantages et inconvénients de la télégraphie par signaux.

657. Les avantages de la télégraphie par signaux sont les suivants :

1° Ce système est peu coûteux, attendu que toute la dépense se réduit à l'achat d'appareils très simples, tels que drapeaux, disques, lanternes, etc.

En campagne, il sera facile d'improviser ces appareils.

2° L'ennemi ne peut ni couper ni intercepter les communications ;

3° Le matériel à emporter se réduit à presque rien, et l'installation des postes se fait presque instantanément et sans frais ;

4° L'instruction du personnel demande très peu de temps.

Les inconvénients de ce système sont les suivants :

1° Les appareils sont très primitifs et n'ont qu'une portée assez restreinte ;

2° Ils ne peuvent fonctionner par la brume, et l'on est alors obligé de recourir aux signaux acoustiques, lesquels ne peuvent donner que des indications générales très sommaires ;

3° La transmission des dépêches est assez lente, et celle-ci ne laisse aucune trace, de sorte que le contrôle n'existe pas.

Conditions générales d'emploi.

658. Malgré toutes ces imperfections et en raison de leur simplicité, les signaux isolés sont encore susceptibles de rendre des services à la guerre pour parer à l'insuffisance des autres moyens de correspondance.

Il serait à désirer que toutes ces communications puissent se faire à l'aide d'un système de lignes télégraphiques, mais outre la quantité considérable de matériel qu'il faudrait pour cela, il serait extrêmement difficile, sinon impossible, d'amener ces lignes jusque sur le champ de bataille, et leur fragilité rendrait leur conservation très précaire au milieu des mouvements de troupes.

D'autre part, la communication électrique donne lieu à de nombreux mécomptes et les communications peuvent être facilement interrompues.

Pour toutes ces raisons, on a dû se

borner, comme nous l'avons vu précédemment en campagne, à relier par la télégraphie électrique les quartiers généraux de corps d'armée ou de troupe opérant isolément au grand quartier général d'armée et à l'intérieur du pays.

La télégraphie optique ou par signaux peut être utilement employée à compléter cette organisation en reliant: 1° dans l'intérieur des corps d'armée, les divisions, les brigades, les régiments; 2° dans le service des avant-postes, les grand-gardes et même les petits postes avec les échelons en arrière, réserves d'avant-poste, gros de troupe; 3° dans les reconnaissances d'une certaine importance par les troupes qui en sont chargées, pour faire connaître à des intervalles rapprochés, les résultats successifs de leur mission; 4° enfin par les troupes engagées avec l'ennemi, pour recevoir les ordres du général, pour donner des avis et au besoin demander du secours.

CHAPITRE X

TÉLÉPHONIE

Définition et but du téléphone.

659. Le téléphone est un appareil électromagnétique, destiné à transmettre les sons à distance.

Son fonctionnement est dû à l'action des courants d'induction dont nous avons parlé au chapitre I^{er}.

Cet instrument a été inventé par l'amé-

ricain Graham Bell; depuis cette époque on a imaginé un certain nombre d'autres types de téléphones, dont nous donnerons la description.

Téléphone à poignée, système Bell.

660. Cet appareil (*fig. 351*) se compose

essentiellement d'un aimant A, surmonté d'un petit fer doux B, qui pénètre dans

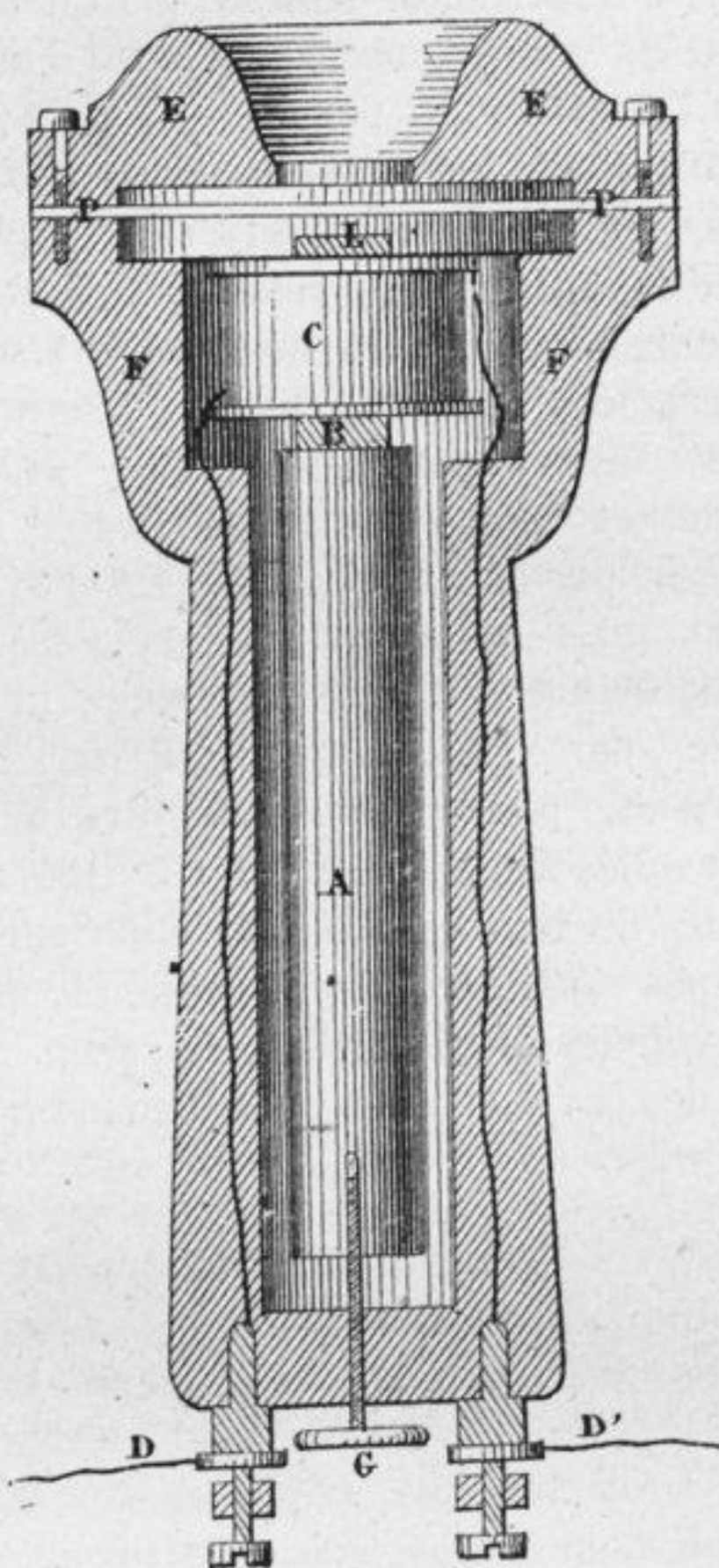


Fig. 351.

une bobine d'électro-aimant C, couverte de fils de cuivre fins et isolés. Les extrémités du fil de cette bobine sont reliées à des fils plus gros logés dans la monture, et qui se terminent à des bornes destinées à être rattachées aux conducteurs DD'.

Au-dessus du fer doux, et à une très faible distance, se trouve une plaque vibrante en fer doux P; elle est prise par le contour entre deux pièces de bois EF, réunies et serrées par des vis : l'une de ces pièces E, dans laquelle on a ménagé un pavillon servant d'embouchure; l'autre F à peu près cylindrique constitue l'enveloppe.

Les deux correspondants sont munis d'appareils identiques, qu'ils emploient alternativement, comme transmetteur et comme récepteur. Les bobines des deux appareils en correspondance, sont reliées entre elles, soit par deux lignes, soit par une ligne et la terre.

Le réglage de l'appareil se fait au moyen d'une vis G, qui sert à approcher ou à éloigner le fer doux B, de la plaque P; on place le récepteur contre l'oreille jusqu'à ce qu'un coup sec, frappé au transmetteur se fasse entendre comme un son de tambour.

Pour faire usage du téléphone, le correspondant du poste transmetteur place le pavillon vis-à-vis la bouche, à 4 ou 5 centimètres, et prononce les mots à transmettre, en ayant soin de diriger les sons sur le centre de la plaque qui vibrera sous l'action de la voix et réagira sur le magnétisme du barreau de fer doux. Chaque vibration donnera naissance à deux courants d'induction de sens inverse, qui iront, à leur tour, agir sur le barreau aimanté du récepteur, où ils donneront lieu à des vibrations identiques à celles du point de départ.

Pendant ce temps, le correspondant du poste récepteur, prévenu par un signal, approche le pavillon de son appareil, contre son oreille, et il perçoit distinctement les paroles prononcées par son correspondant.

Téléphone-montre, système Bell.

661. Cet appareil (fig. 352) renferme les mêmes organes essentiels et est basé sur les mêmes principes que le précédent, seulement la forme et la position des différentes pièces ont été modifiées de manière à pouvoir être contenues dans une boîte en forme de montre. C'est ainsi que l'aimant A est recourbé en spirale pour occuper moins de place; la bobine B est perpendiculaire au plan de

de l'aimant; le pavillon vissé sur la boîte contient la plaque vibrante C.

mais ils ont l'inconvénient d'être dépourvus d'avertisseur, ce qui ne permet pas de les employer seuls; de plus ils manquent de puissance, et sont sujets à de nombreux dérangements.

Dans les nombreux essais qui ont été faits, il est arrivé souvent qu'un appareil ne fonctionnait plus tout à coup, sans qu'on ait pu en trouver la raison, alors qu'il fonctionnait très bien quelques jours auparavant. A d'autres moments, telle personne qui se faisait très bien

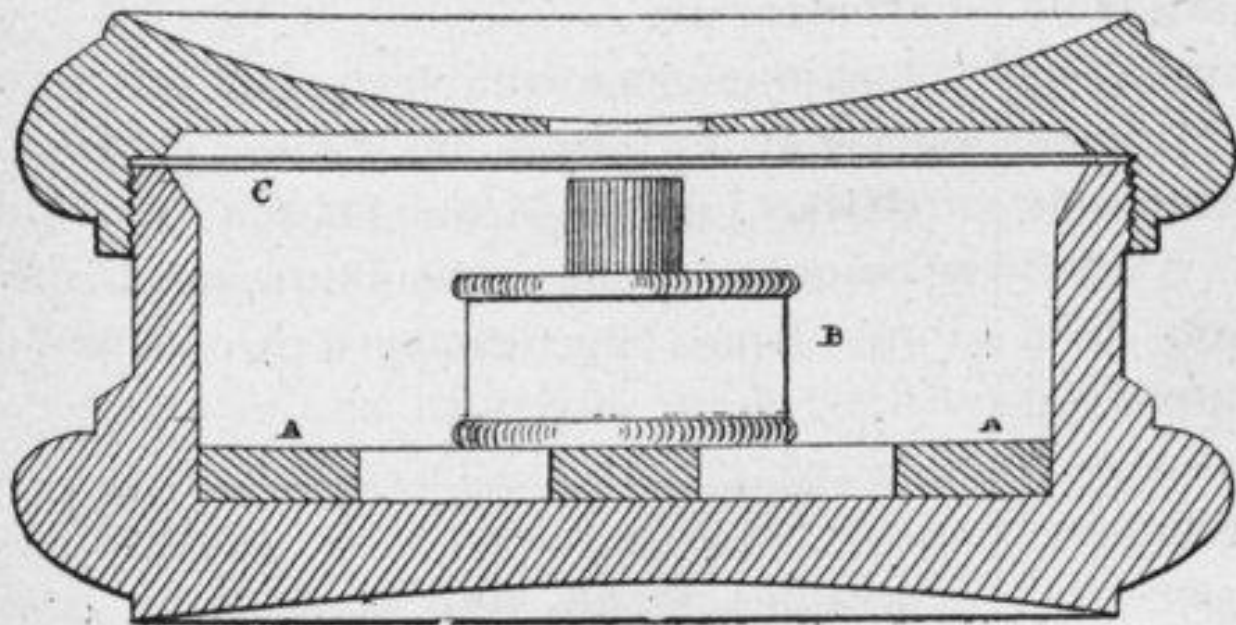


Fig. 352.

Le réglage s'obtient en vissant plus ou moins l'embouchure, de manière à approcher ou à éloigner le barreau de fer doux de la plaque vibrante.

La transmission et la réception des correspondances ont lieu comme il vient d'être dit pour l'appareil à poignée.

Avantages et inconvénients des téléphones du système Bell.

662. Les téléphones Bell ont l'avantage d'être très simples et très portatifs,

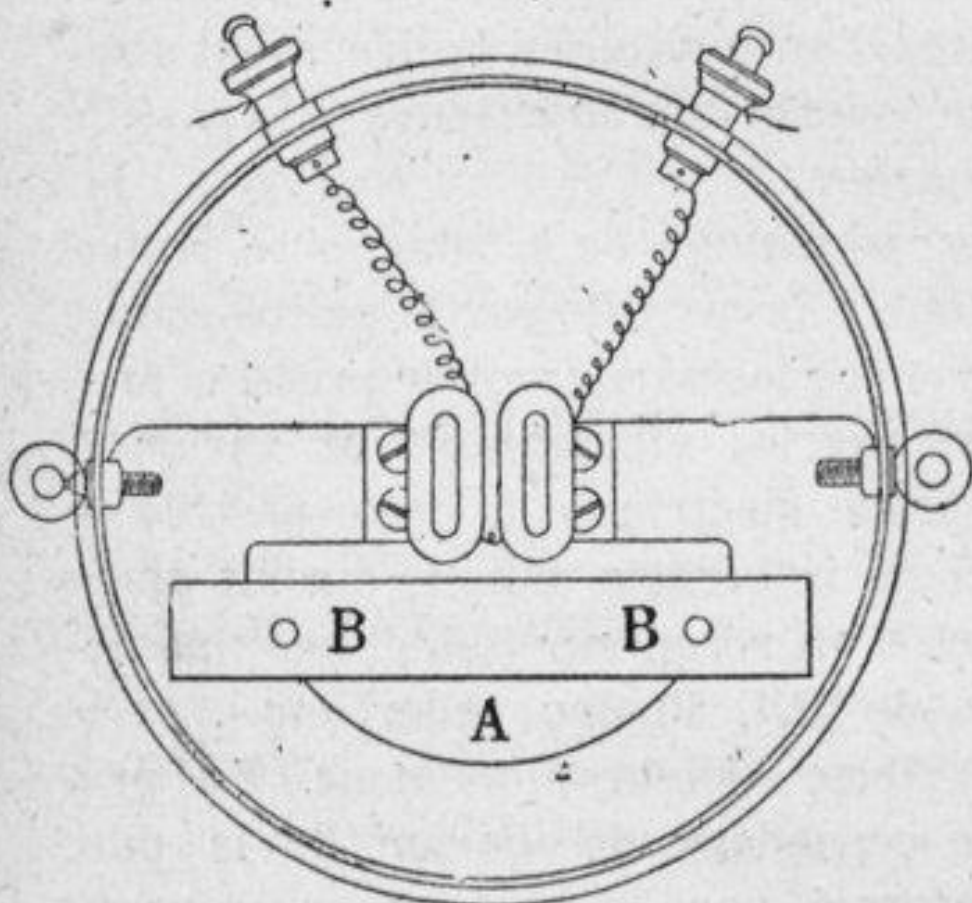
comprendre avec un certain appareil, et telle autre qui ne pouvait y réussir, se trouvaient dans des conditions inverses en changeant d'instruments.

Toutes ces imperfections ont déterminé de nombreuses recherches qui ont abouti à des perfectionnements que nous allons décrire ci-après.

Téléphone Gower.

663. Le téléphone Gower (fig. 353) diffère des précédents, en ce que, dans le

Élévation antérieure, le couvercle enlevé



Coupe

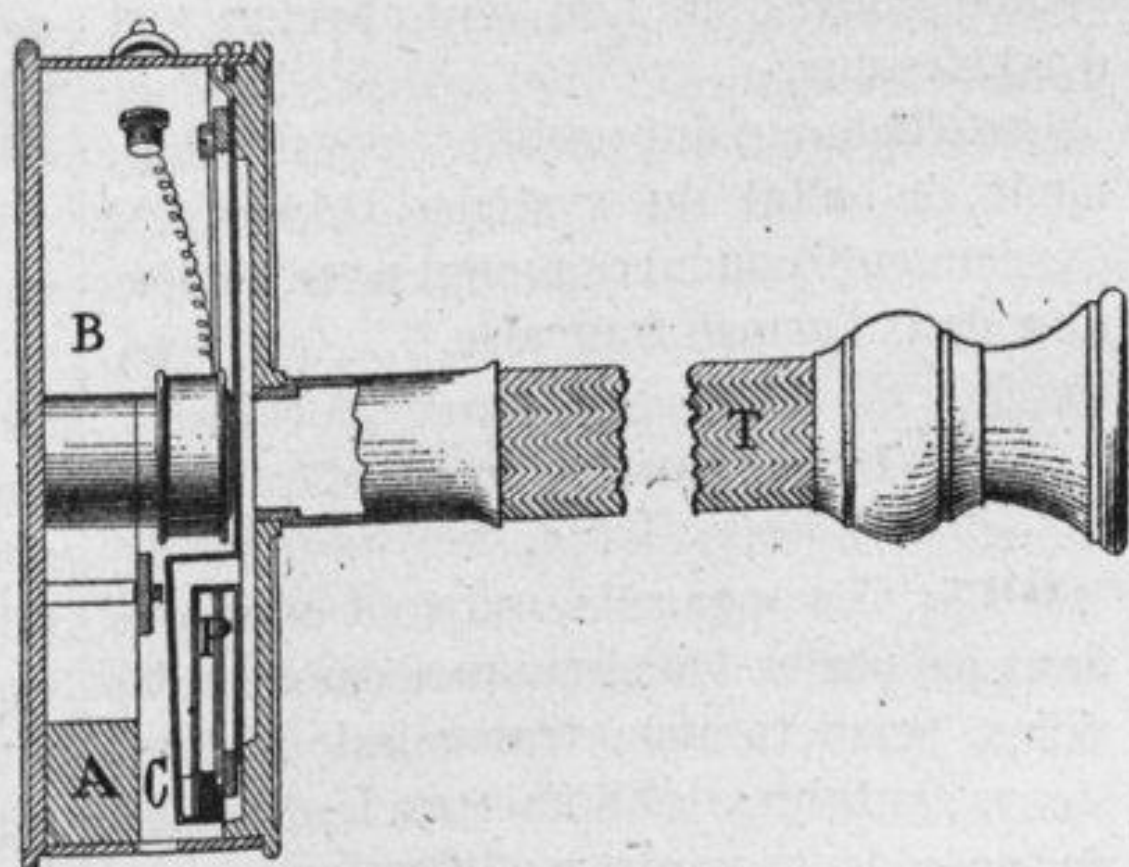


Fig. 353.

but d'augmenter l'action des pôles sur la plaque vibrante P, l'inventeur a doublé

les bobines à courant d'induction B, en donnant à l'électro-aimant A la forme

d'un fer à cheval, les piles sont placées en face de la plaque vibrante. Par cette disposition l'instrument est moins volumineux et plus aplati, ce qui a permis de l'enfermer dans une boîte de cuivre dont le couvercle porte la plaque vibrante P.

L'appareil est muni d'un avertisseur formé d'une anche élastique C, vibrant dans un petit tube soudé au-dessous de la membrane. En soufflant dans un trou percé dans le couvercle, on fait rendre à l'anche un son reproduit par le récepteur, assez fortement pour servir d'appel.

Un tube flexible T, adapté au couvercle et se terminant par une embouchure en bois, sert à parler, à écouter, ou à recevoir un cornet acoustique pour amplifier l'appel.

Le réglage s'effectue comme pour le téléphone-montre du système Bell, en visant plus ou moins le couvercle.

Téléphone Siemens.

664. Le téléphone Siemens, en usage dans l'armée allemande, se compose essentiellement d'un électro-aimant ayant la forme d'un fer à cheval, avec bobines parallèles aux branches, de sorte qu'il agit par ses deux pôles sur la plaque vibrante. Une petite trompette, que l'on adapte à l'embouchure quand on veut appeler, sert d'avertisseur.

Ce téléphone, qui ne diffère pas notablement de celui du système Gower, est expérimenté concurremment avec ce dernier dans l'armée française.

Téléphones à pile.

665. Ces appareils, qui sont employés dans les postes téléphoniques des grandes villes, permettent la transmission à plusieurs centaines de kilomètres. Ils diffèrent des précédents par les modifications essentielles suivantes : 1° la source d'électricité est une pile ; 2° ils comportent un appareil très délicat, appelé *microphone*, dont nous

donnerons plus loin la description et qui a pour but d'amplifier considérablement les sons ; 3° une sonnerie électrique sert d'avertisseur.

Les plus remarquables parmi ces appareils sont les téléphones *Edison* et *Ader*.

666. Le téléphone *Edison* (fig. 354) se compose d'une embouchure en ébonite, d'une lame vibrante et d'un disque de

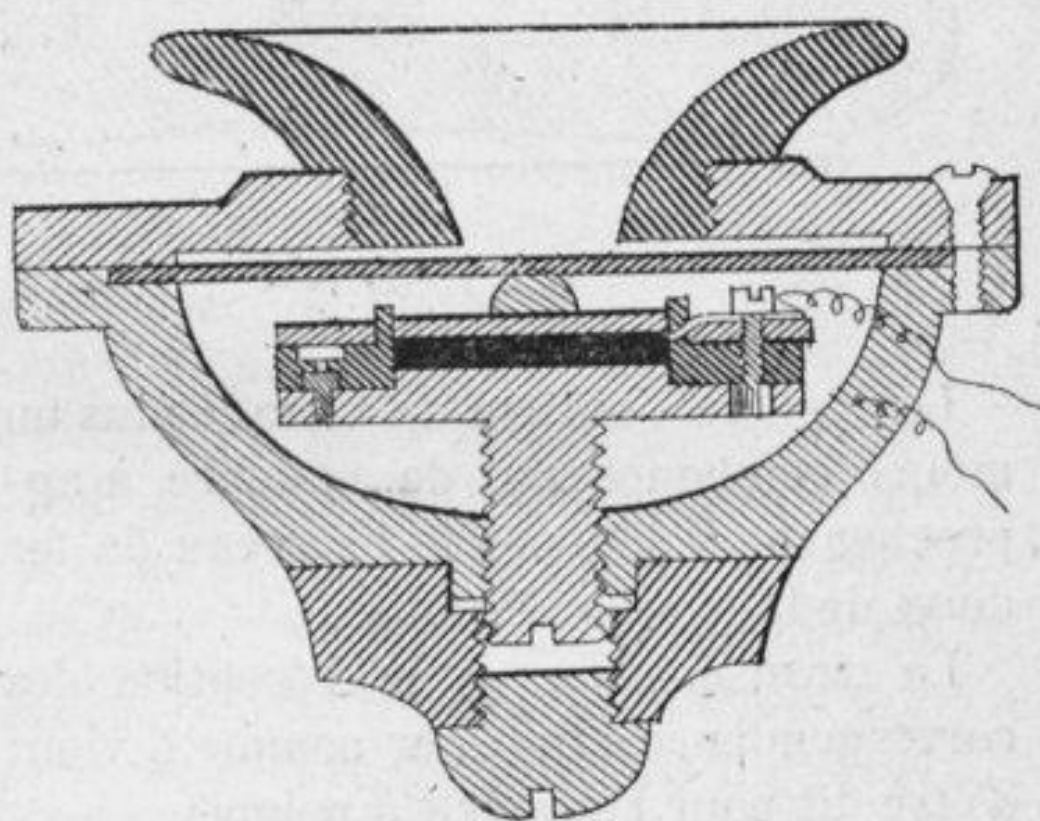


Fig. 354

charbon préparé, de la grandeur d'une pièce de 1 franc, placé sur un support qu'on peut à volonté écarter ou rapprocher de la plaque vibrante, à l'aide d'une vis disposée sur la face postérieure du parleur. Une petite plaque de platine, surmontée d'un bouton en ivoire, vient s'appliquer sur la face supérieure de la pastille de charbon.

Les vibrations de la plaque se transmettent à la pastille par la petite plaque de platine ; les variations de pression produites par les vibrations font varier la résistance électrique de cette pastille de charbon, intercalée dans le circuit d'une pile et d'un récepteur (téléphone magnétique de Bell, Phelpo, Ader, etc.), et le font vibrer synchroniquement. En pratique cependant, le courant de la pile, transformé par le parleur en courant ondulatoire n'est pas renvoyé *directement* dans le récepteur, mais il est localisé, traverse le fil inducteur d'une petite

bobine d'induction, et le fil *induit* qui est en communication avec le téléphone du récepteur du poste opposé.

Le rôle de transmetteur, dans les téléphones à pile, se réduit à faire varier la résistance électrique du circuit, variation qui se traduit aussitôt par une variation proportionnée, et en sens inverse, dans l'intensité du courant qui le traverse.

Les courants d'intensité variables *modulés* par le transmetteur traversent le fil inducteur et, eu égard à la faible résistance du circuit, font varier l'intensité entre des limites assez éloignées; ces courants ondulatoires influencent alors le récepteur comme dans le téléphone Bell.

667. Le *Téléphone Ader* comprend deux appareils : le transmetteur et le récepteur.

Le transmetteur présente les particularités suivantes : la plaque vibrante, au lieu d'être en métal, est en bois; elle porte à la partie inférieure trois pièces de charbon, entre lesquelles d'autres, également en charbon, ont été placées transversalement, de manière à constituer un microphone, c'est-à-dire à amplifier considérablement les sons.

L'appareil est introduit dans le circuit d'une pile par deux bornes situées sur le côté du transmetteur.

Le récepteur a une certaine analogie avec le récepteur Gower; comme lui, il possède une double bobine et un électro-aimant cylindrique. L'intensité des sons est augmentée par une masse de fer doux, située dans l'embouchure même en avant du diaphragme dont il surexcite les vibrations.

Dans les stations, l'appareil est complété par un avertisseur à sonnerie.

Avantages et inconvénients des téléphones à pile

668. Les téléphones à pile sont très supérieurs aux téléphones magnétiques au point de vue de la puissance et de la

sûreté des communications; malheureusement ils ne conviennent pas pour les postes volants, qui sont le plus fréquemment employés en campagne.

En effet, les charbons du microphone sont très fragiles, et la pile est un appareil lourd, encombrant et délicat.

On a essayé d'utiliser des téléphones à pile portatifs pour l'établissement de postes volants, mais ces essais n'ont pas donné de résultats satisfaisants.

Pour ces différentes raisons les militaires ne se sont occupés que des téléphones magnétiques et leurs études ont abouti à certains perfectionnements que l'on trouve décrits en détail par M. le capitaine d'artillerie Camon, dans la *Revue d'Artillerie* du mois de février 1885.

Nous extrayons de cet article, la description sommaire d'un certain nombre des appareils expérimentés par le capitaine Camon.

Parleur d'Arsonval.

669. M. d'Arsonval, ayant remarqué que la partie extérieure des bobines Siemens ou Gower est mal disposée pour recevoir l'influence de l'aimant, eut l'idée de réaliser un champ magnétique circulaire. A cet effet, plaçant l'un des pôles A de l'aimant au centre de la bobine B, il disposa l'autre pôle C, circulairement autour de la bobine; cette dernière se trouve ainsi placée dans un espace annulaire ménagé entre les deux pôles (*fig. 355*).

Extérieurement, le parleur d'Arsonval a la forme d'une boîte cylindrique d'un diamètre un peu plus petit que celle du téléphone Gower. Pour pouvoir y loger un aimant assez long et d'une section de 15/15 millimètres, on a donné à cet aimant la forme d'un S, déterminant un pôle de l' S' et un pôle de nom contraire au précédent à chacune de ses extrémités.

Le pôle central de l'aimant est constitué par l'appendice A, qui pénètre dans

la bobine; les deux extrémités D et D sont réunies par une traverse EE', sup-

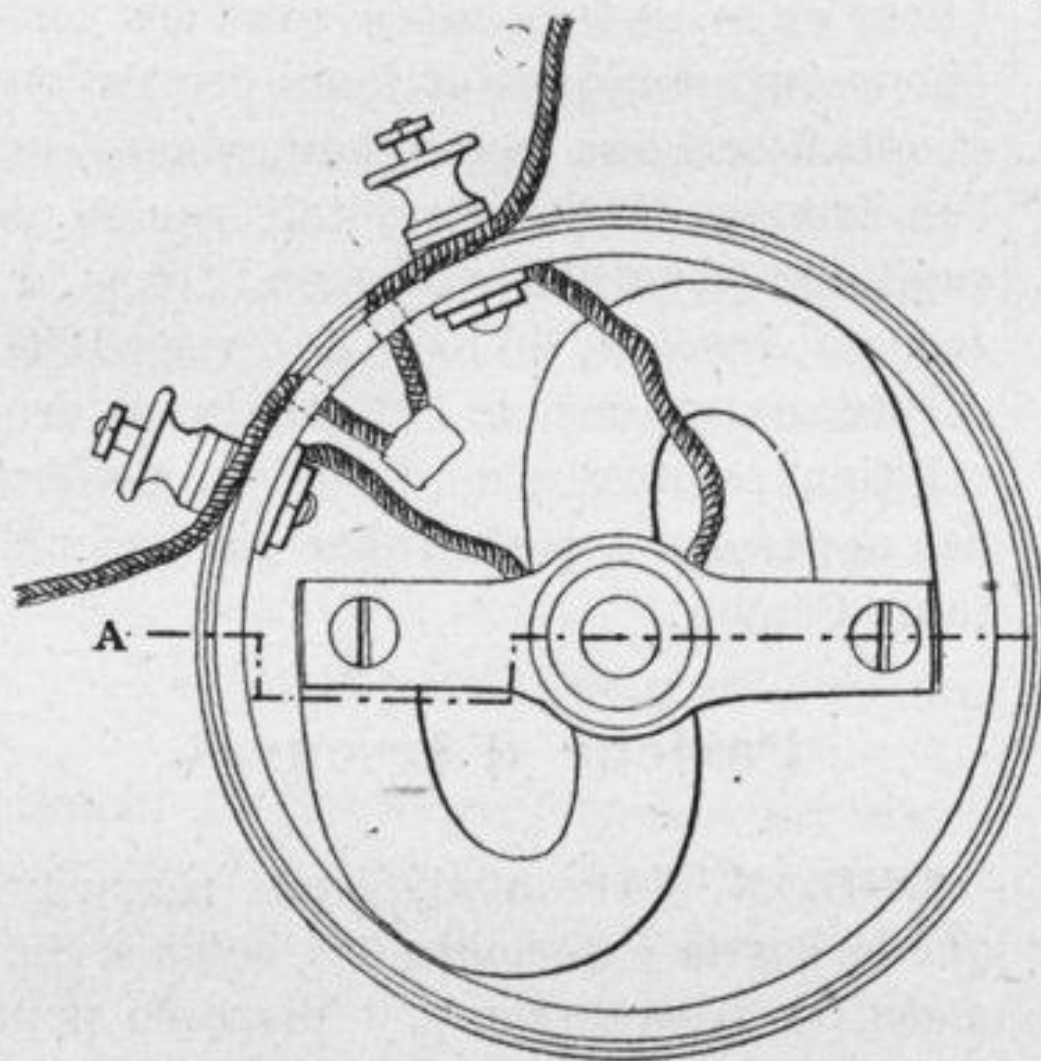
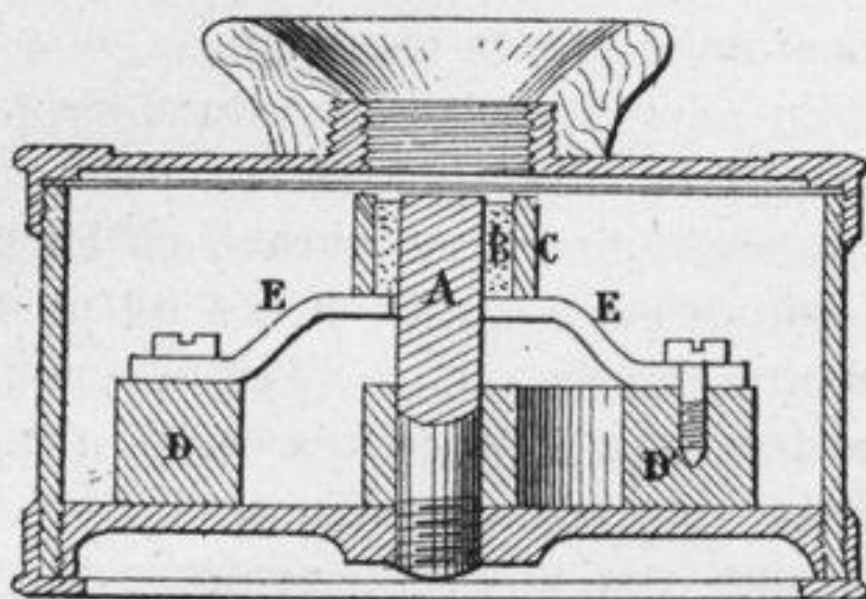


Fig. 355.

portant la couronne C qui forme le deuxième pôle ou pôle concentrique.

La résistance du parleur d'Arsonval est d'environ 20 kilom. de ligne télégraphique aérienne. Il a donné des résultats remarquables au point de vue de la netteté de la transmission de la voix.

Parleur-écouteur Colson.

670. M. le capitaine du génie Colson est parvenu à constituer un parleur-écouteur de la façon suivante : supposons que l'on applique l'oreille au pavillon d'un parleur d'Arsonval en communication avec un autre poste. Les sons transmis par la plaque vibrante se forment

dans la petite chambre à air M qui existe entre cette plaque et le couvercle de la

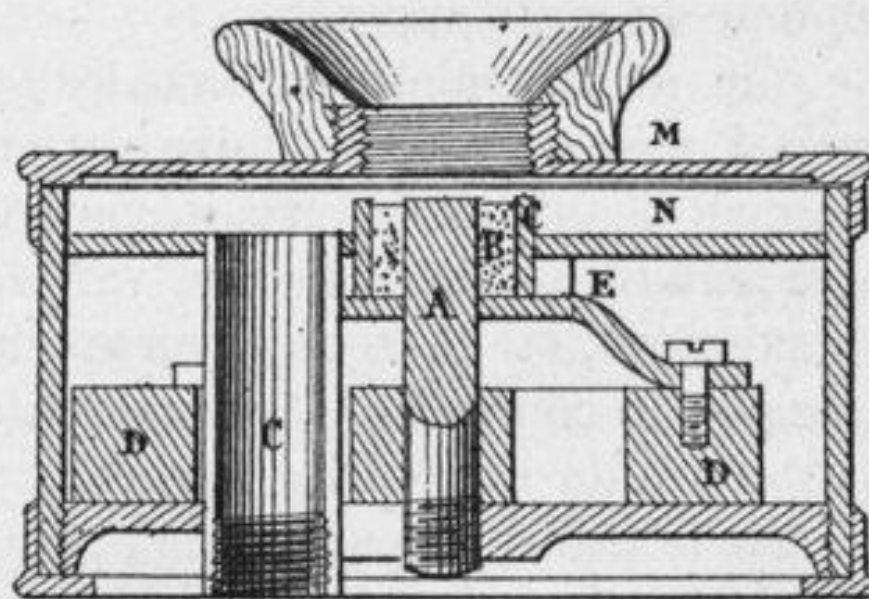


Fig. 356.

boîte (fig. 356). Si l'on constitue au-dessus de la plaque une autre chambre à air N, de même capacité, au moyen d'une cloison en cuivre, les sons se développeront dans cette seconde chambre, comme dans la première et il sera possible de les recueillir à l'aide d'un tuyau acoustique C. Un second tuyau étant vissé dans l'orifice du couvercle, on parle sans celui-ci et on écoute dans le tuyau inférieur. Si le bruit environnant devient très fort, on a la ressource d'écouter par les deux tuyaux à la fois.

Cet instrument est porté dans un étui cylindrique en cuir avec courroie.

Avertisseurs.

671. Sans les postes fixes, les avertisseurs consistent généralement en une sonnerie actionnée par une pile; cet appareil accessoire fonctionne d'une façon très satisfaisante.

Dans les postes mobiles, on s'est servi jusqu'à présent d'une petite trompette pour produire l'appel dans les téléphones; mais pour peu qu'il se fasse de bruit dans le voisinage, l'appel n'est pas entendu.

Pour remédier à cet inconvénient, en ce qui concerne les téléphones magnétiques, on a imaginé plusieurs avertisseurs ou appels magnétiques, les plus

remarquables sont : la sonnerie *Abdank* et l'appel phonique *Sieur*.

Sonnerie Abdank.

672. Cet appareil se compose d'un aimant en fer à cheval A,B,C (*fig. 357*). fixé ainsi que le timbre H sur un bâti en tôle K. Les pôles de cet aimant sont constitués par deux petites armatures métalliques P₁,P₂. Une tige en fer doux T, terminée par la petite masse M, est placée au milieu d'une bobine de fil de cuivre D. Cette tige porte le marteau du timbre M, et, à la partie supérieure, est montée sur un ressort P, qui lui permet de vibrer avec la plus grande facilité.

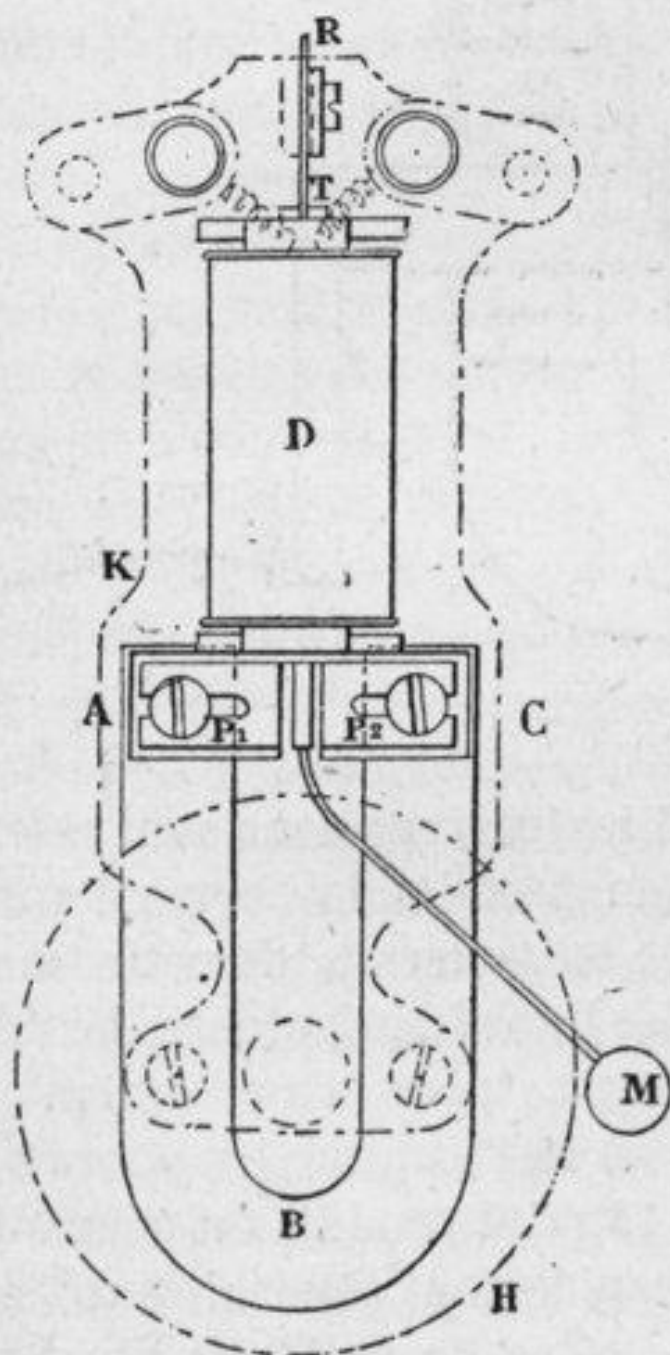


Fig. 357.

On fait passer dans la bobine, les courants alternatifs produits par un appel magnétique ; à chaque passage, la tige T devient un aimant dont la petite masse M, forme un des pôles. Le sens de ce pôle change avec le sens du courant et la masse M est attirée alternativement par

les armatures du fer à cheval, déterminant la vibration du marteau contre le timbre.

La résistance de la sonnerie Abdank est d'environ 25 kilomètres de ligne aérienne, en fil de fer de 4 millimètres de diamètre.

Appel phonique Sieur ou appel-chien.

673. Cet appareil se compose d'une roue en cuivre A (*fig. 358*), sur le pourtour de laquelle sont encastrés de petits goujons en fer doux *m*. Cette roue tourne dans l'intérieur d'un aimant en fer à cheval B, dont les pôles P et P' portent des bobines C, C'.

Les courants n'ont pas besoin d'avoir beaucoup d'intensité, mais il faut qu'ils se succèdent avec une grande rapidité, si l'on veut produire une note assez haute dans le téléphone écouteur. Aussi a-t-on mis 40 petits goujons sur la circonférence de la roue en cuivre, et, au moyen d'engrenages, on produit, pour chaque tour de la manivelle, 5 tours de la roue en cuivre, ce qui fait passer 200 goujons devant les pôles ; si l'on tourne à raison de 2 tours par seconde, on fait passer, dans une seconde, 400 goujons qui produisent 800 courants alternés, c'est-à-dire 400 vibrations de la plaque de l'écouteur.

Cet instrument produit des sons analogues aux aboiements d'un chien ; pour cette raison il est dénommé aussi *appel-chien*.

De nombreuses expériences ont été faites avec cet appareil, et il a donné les meilleurs résultats.

Dans une ligne courte on entend très bien l'appel à une distance de 50 mètres du téléphone ou dans une chambre voisine, fermée.

D'Orléans à Paris, aller et retour, l'expérience a réussi comme sur une ligne courte.

De l'Elysée à Mont-sous-Vaudrey.

(ligne de 390 kilom.), l'appel s'entendait encore, mais il fallait approcher l'oreille du téléphone.

L'expérience a également prouvé que l'appel ne déformait pas la plaque vibrante, même après un long usage.

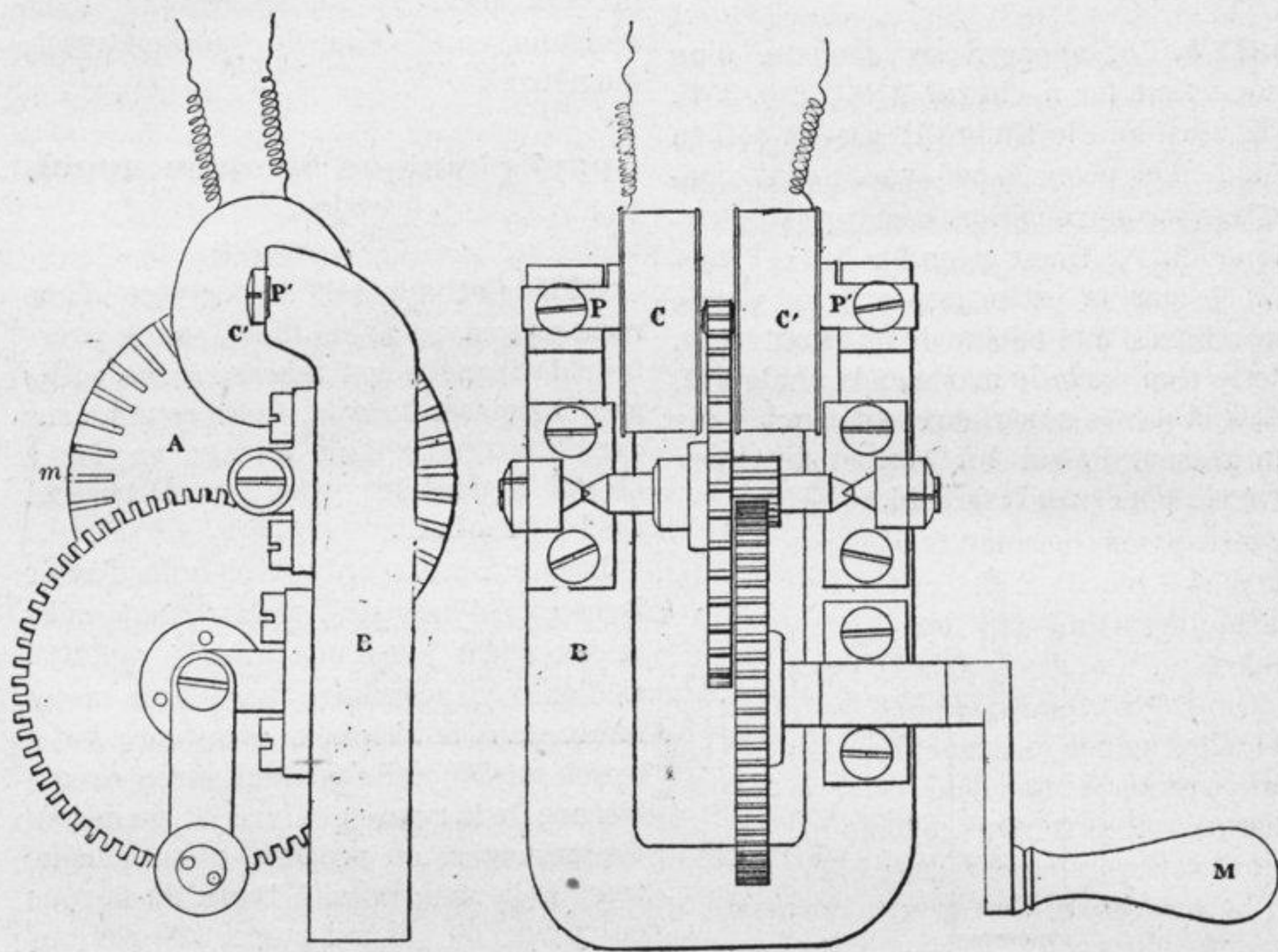


Fig. 358.

Le téléphone en mer.

674. Le professeur Graham Bell a imaginé la disposition suivante, comme rendant possible la conversation entre deux navires en mer :

Supposons un réservoir d'eau dont on relie deux points opposés aux deux pôles d'une pile mise en circuit avec un interrupteur qui envoie et arrête le courant rapidement.

Sil'on touche l'eau à deux autres points avec les bornes d'un téléphone qu'on tient à l'oreille, on entendra alors un son dans l'appareil quand les points touchés par les bornes ne sont pas au même poten-

tiel (1). Si les interruptions sont assez rapides, le son prendra la forme d'une note musicale; on pourrait, de cette manière, trouver les lignes équipotentielles de l'eau.

Supposons, pour l'application de ce principe en mer, un navire pourvu d'une dynamo (2), qui produit un courant puissant et rapidement intermittent; si alors l'un des pôles de la dynamo est relié à l'eau en avant du navire, et si l'autre pôle est mis en communication avec l'eau par un conducteur bien isolé, excepté à son extrémité, et traînant à une certaine distance derrière le vaisseau, l'observateur

(1) Potentiel. Degré de force, d'électricité, qu'un appareil peut fournir lorsqu'on le fait fonctionner.

(2) Machine électro-dynamique.

placé sur un second navire pourvu d'un téléphone dont les bornes sont mises en contact avec l'eau de la même manière, pourra s'apercevoir de la présence du premier navire, à une distance considérable et peut-être même reconnaître sa direction par une disposition convenable.

Ce renseignement serait utile par les temps de brouillard. On pourrait également établir un télégraphe harmonique en interrompant le courant avec une clef selon l'alphabet Morse, et les navires pourraient se parler.

Le professeur Bell a essayé ce système sur le fleuve du Potomac. Avec deux petits bateaux, une pile et un interrupteur permettaient de communiquer à une distance de un mille et un quart.

On a également proposé de télégraphier sans fils, en utilisant le système des différences de potentiels, employé par le professeur Bell.

Le professeur Torbridge a démontré, il y a quelques années, comment il serait possible de télégraphier à travers l'Atlantique, au moyen de deux longs circuits aux bords de la mer en Amérique et en Europe, avec une différence notable de potentiels entre leurs bouts, qui naturellement devraient tous communiquer avec la mer.

Un essai de ce genre a été fait par des télégraphistes anglais, qui ont pu communiquer entre Portsmouth et Ryo, sur l'île de Wight, c'est-à-dire à une distance de six mille à travers l'eau.

Cette question de l'emploi de l'eau comme conducteur, soit pour la télégraphie, soit pour la téléphonie, est encore dans l'enfance ; nous sommes persuadé que l'on arrivera à utiliser cet élément, comme conducteur, d'une manière tout à fait pratique.

Microphone

675. Le microphone est un instrument qui sert à amplifier considérablement les sons.

On a été conduit à imaginer cet instrument pour remédier aux inconvénients du téléphone, qui, en général, ne donne que des sons affaiblis tellement que, dans

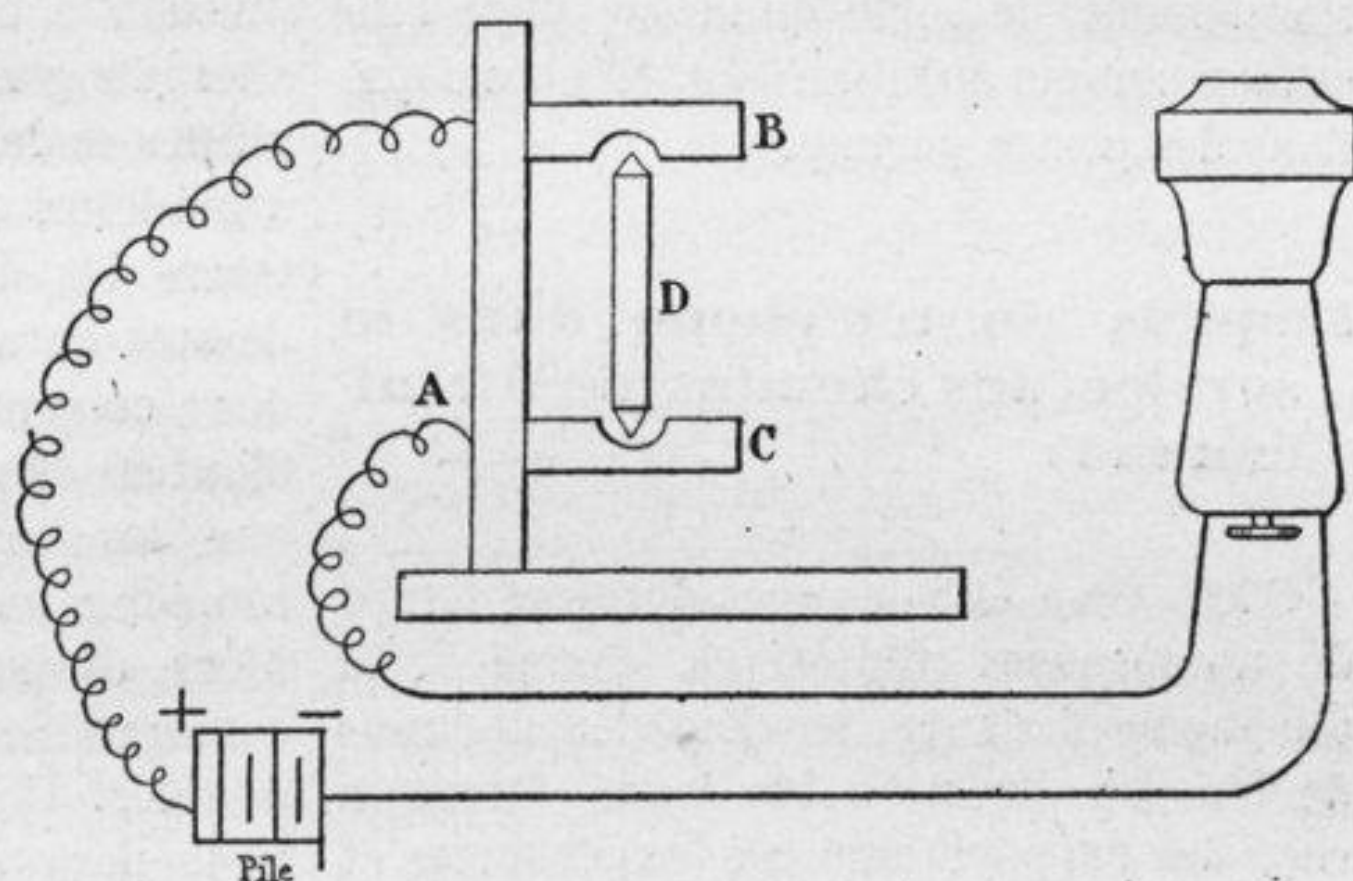


Fig. 359.

certaines circonstances, il est impossible de les percevoir distinctement. On comprend sans peine qu'un instrument amplifiant considérablement les sons fait disparaître ces inconvénients, et rend le téléphone beaucoup plus pratique.

Le microphone se compose d'une planchette A (fig. 359), sur laquelle sont fixées transversalement deux pièces de charpente BC, entre lesquelles est maintenue parallèlement à la planchette, une sorte de tige D de la même substance, effilée aux deux bouts.

On intercale l'instrument dans le circuit d'une pile, en attachant les fils aux coupes BC, ainsi que le montre la figure.

Pour obtenir la transmission des sons, il suffit alors de les produire devant la planchette A. Les vibrations qui en résultent étant communiquées à la tige D, celle-ci transmettra aux courants des

variations plus considérables, dont l'influence se fera sentir jusque dans le téléphone récepteur où les sons arriveront avec une amplification extraordinaire.

Ainsi, par exemple, on entend très distinctement marcher un insecte sur la planchette ; on entend très distinctement les plaintes, comme de véritables cris, d'une mouche à laquelle on aura arraché une patte, etc. L'inconvénient du microphone est d'exiger une pile pour son fonctionnement, de sorte qu'on ne peut l'installer comme auxiliaire du téléphone que dans des postes permanents.

Emplois du téléphone dans le service des chemins de fer allemands

676. On a fait dans ces derniers temps de nombreuses tentatives d'emploi du téléphone dans les services des chemins de fer. La direction des voies ferrées a reçu des rapports sur ces expériences et les a communiqués à toutes les compagnies. Nous en extrayons les renseignements suivants qui sont d'un intérêt général.

Le téléphone est employé dans la plus grande partie des chemins de fer allemands, soit à titre d'essai, soit à titre définitif, par trente-trois compagnies sur un parcours total de 28,436 kilomètres. Les résultats les plus favorables ont été obtenus sur les lignes secondaires où cet appareil sert de moyen presque exclusif de correspondance, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des gares. C'est le cas notamment sur les lignes peu étendues où l'exploitation est facile, et où il n'y a généralement pas de croisement de trains. Sur certaines lignes plus importantes où la sécurité du service a exigé l'emploi simultané du télégraphe électro-magnétique et du téléphone, on a constaté également des résultats si satisfaisants que l'on a quelquefois supprimé le télégraphe.

Sur les lignes principales où il est nécessaire de faire exclusivement usage de communications télégraphiques, on a affecté le téléphone au service intérieur et notamment à la correspondance entre les différents bureaux. Les quelques inconvénients résultant du passage des trains, du bruit des Morses ont été supprimés par suite de l'affectation d'autres locaux au service téléphonique.

Les communications extérieures ont été limitées à celles qui relient le bureau du chef de gare aux postes centraux d'aiguilles et de signaux, et aux baraques des aiguilleurs commandant l'entrée en gare. Outre les dérangements mentionnés ci-dessus, on a constaté l'influence nuisible des courants d'induction, provenant d'autres fils fixés aux mêmes poteaux que les lignes téléphoniques. Pour y remédier on a fait usage, pour ces derniers, de poteaux spéciaux ou de lignes souterraines, ou encore de lignes aériennes doubles. Ce système a surtout été très utile pour supprimer le retour par le fil de terre des courants de fils servant au Morse.

Pour le moment, on ne peut appliquer le téléphone dans de plus vastes proportions à l'exploitation des lignes principales, parce que les essais de correspondance n'ont pas été assez nombreux. Il y a un inconvénient qui entre notablement en ligne de compte, c'est qu'en cas d'irrégularité ou d'accident, il est difficile de trouver le coupable, et que l'on n'a quelquefois aucun moyen de contrôler et de modifier une fausse manœuvre. On a essayé d'y remédier par la tenue des procès-verbaux sur lesquels les dépêches sont inscrites au départ et à l'arrivée, et doivent être collationnées par l'employé qui les reçoit. Ce système un peu long devra être encore continué pendant un certain temps, avant que l'on puisse le considérer comme entièrement sûr.

Nous mentionnerons encore tout spécialement les essais d'emploi du téléphone

en pleine voie. Il y a plusieurs années qu'on a intercalé des téléphones sur les lignes destinées aux signaux de cloches, ce qui a permis aux garde-barrières de correspondre entre eux ainsi qu'avec les gares voisines. On a récemment essayé de remplacer les Morses des trains par des téléphones dont on s'est servi notamment pendant les tempêtes de neige, avec beaucoup plus de facilité et de rapidité qu'avec les appareils autrefois en usage dans les mêmes cas.

Les résultats obtenus sur les grandes lignes ne sont donc pas suffisants pour qu'on adopte exclusivement le téléphone; mais avec les immenses progrès accomplis tous les jours par l'électricité, on est en droit d'espérer que l'on trouvera une solution permettant de l'appliquer sur une plus large échelle. La publication faite par la direction des chemins de fer contribuera certainement à accélérer le développement de ce moyen de communication.

Emploi du téléphone par les Anglais dans la campagne du Soudan.

677. Nous extrayons le passage suivant, concernant l'emploi des téléphones pendant la dernière campagne des Anglais au Soudan, d'un article du journal, *l'Electricien de Londres* :

« Nous avons noté avec satisfaction, l'emploi qui a été fait pendant la campagne comme parleur du téléphone ad joint aux vibrateurs. Nous avons prédit dès longtemps que, dans le cas de lignes temporaires et par suite imparfaites au point de vue électrique, cet instrument rendrait des services pour la lecture au son, là où aucun autre appareil ne pourrait fonctionner. Nous sommes d'avis qu'un approvisionnement de téléphones doit faire partie de tout matériel militaire. »

Ces exemples corroborent l'opinion que nous avons émise au sujet de l'emploi du téléphone et de son application à l'art militaire.

CHAPITRE XI

EMPLOI DE LA TÉLÉGRAPHIE MILITAIRE DANS LES GUERRES LES PLUS RÉCENTES

678. *Jusqu'en 1830.* — De tout temps, les armées ont éprouvé le besoin de communiquer rapidement entre elles et avec l'intérieur du pays; mais, pourtant, ce n'est que depuis la guerre franco-allemande que l'on a fait usage, d'une manière sérieuse et régulière, de la télégraphie militaire.

Des essais isolés, avec des appareils plus ou moins primitifs, et un personnel

non exercé, avaient pourtant déjà été tentés dans les différentes guerres de notre siècle.

Il est à remarquer que les développements successifs de la télégraphie ont toujours eu une relation étroite avec les opérations de guerre.

Ainsi les premières lignes télégraphiques furent construites par la France en 1793, dans un but purement militaire.

Un autre exemple mémorable est celui du système télégraphique organisé par les Anglais pour les lignes de Torrès Vedras en 1809.

679. Conquête de l'Algérie. — Le maréchal Bugeaud, pendant la conquête de l'Algérie, créa les premières communications rapides entre les colonnes, au moyen d'un personnel civil qui avait été mis à sa disposition. — Les appareils aériens dont on se servait, étaient du genre de ceux de la télégraphie du système Chappe. — Ils étaient installés sur des blockhaus où on laissait deux ou trois employés avec quelques hommes, pourvus des approvisionnements nécessaires à leur subsistance.

680. Campagne de Crimée. — En Crimée, on s'estima très heureux de rattacher la capitale de la France au quartier général de l'armée d'opération, au moyen d'un câble immergé dans la mer Noire et venant aboutir au port de Varna, où il se reliait au réseau autrichien, et par suite à la France. Il y eut une explosion d'admiration enthousiaste, lorsque le maréchal Vaillant annonça à la tribune du Corps législatif la prise de Malakoff quelques heures après l'événement.

681. Insurrection des Indes. — Les télégraphes ont eu un rôle des plus importants lors de l'insurrection des Indes, en 1857 et 1858, le climat de l'Indoustan permettant d'y établir des lignes télégraphiques avec plus de simplicité qu'en Europe. — Pendant la saison sèche, il ne pleut jamais, et la végétation est brûlée par le soleil.

Dans les régions présentant ce caractère, les Anglais laissaient toujours les fils sur le sol sans les isoler; sur les points qui présentaient de l'humidité et de la végétation, on les élevait sur des supports, mais sans isolateurs.

La même guerre présente des exemples remarquables de télégraphie par signaux, entre autres lors de la défense de Luknow par sir Henry Laurence,

682. Campagne d'Italie. — Lors de la guerre d'Italie, la France organisa un service de télégraphie, pour assurer les communications du grand quartier-général avec sa base d'opérations et avec chacun des corps composant les armées alliées. Toutefois on n'accorda pas à ce service toute l'attention et le soin qu'il méritait et son fonctionnement fut loin d'être parfait.

683. Guerre de Sécession des États-Unis d'Amérique. — Pendant la guerre de Sécession des États-Unis d'Amérique, on fit un usage très étendu de la télégraphie militaire, aussi bien de la télégraphie électrique que de la télégraphie optique et de la télégraphie par signaux.

Les armées fédérales construisirent plus de 20,000 kilomètres de lignes télégraphiques, qui coûtèrent plus de 15 millions de francs et transmirent deux millions de dépêches.

Presque toutes les lignes télégraphiques aux États-Unis sont propriétés privées; il en arrive, quelquefois, pendant la guerre que l'on refuse de les livrer à l'autorité militaire; cette circonstance explique le développement donné à ce service dans l'armée, et ce n'est que vers la fin de la guerre qu'on eut un matériel et des voitures spéciales.

Presque partout on se servit d'appareils Morse, très fréquemment aussi on fit usage d'appareils acoustiques n'ayant ni mécanisme d'horlogerie, ni bandes de papier (parleur).

Leurs dimensions étaient petites et en faisaient de véritables appareils de poche.

Des appareils portatifs du système Morse ont été employés à intercepter les dépêches: on coupait les fils d'une ligne ennemie, et à leur intersection on saisisait les dépêches. En 1861 et 1862, le partisan confédéré Morgan le fit dans ses raids, principalement dans les États du Missouri, du Kentucky et du Ténéssee.

La destruction des lignes, la possibilité de voir ses dépêches interceptées, enfin

le manque de temps pour établir les communications du télégraphe électrique, mirent souvent les Américains dans la nécessité de recourir aux signaux optiques et de former pour leur emploi des détachements spéciaux.

Un cours théorique et pratique de signaux fut ouvert à l'école de West-Point.

Le corps spécial chargé des signaux était parfaitement organisé et placé sous les ordres d'un général; il comptait, à la fin de la campagne, 200 officiers et un nombre proportionné d'hommes de troupes.

Ce corps rendit de grands services aux Américains, et l'on peut dire que pas une bataille importante ne fut livrée sans que le corps des signaleurs n'y eût utilement pris part. A la bataille de Fredricksburg, notamment, on vit les télégraphistes américains opérer sous le feu de l'ennemi, et établir pendant l'action des communications entre les différentes parties de l'armée et les ailes; on alla même jusqu'à faire suivre la colonne d'attaque d'un fil conducteur la reliant au réseau dont nous venons de parler.

D'autres fois, les Américains ne purent faire usage que de la télégraphie optique. C'est ce qui arriva, le 5 octobre 1864, à la bataille d'Allatona où, après la destruction des lignes télégraphiques du général Sherman, on put néanmoins échanger une correspondance par dessus la tête de l'ennemi et faire intervenir les réserves à temps.

Les Américains avaient aussi des télégraphistes montés, chargés d'intercepter les dépêches et d'en expédier de fausses.

Ce sont d'ailleurs des manœuvres de ce genre qui ont favorisé les projets et les tentatives du général Morgan qui, avec ses 1,000 cavaliers, à pu en 24 jours parcourir 1,600 kilomètres, dont 500 au milieu l'armée fédérale. Souvent cette faible troupe dût son salut à un télégraphiste habile.

684. *Campagne de 1866.* — Pendant la campagne de 1866, les Autri-

chiens avaient non seulement établi des communications entre les quartiers généraux de corps d'armée, l'armée et l'intérieur du pays, mais ils avaient organisé en face de l'armée italienne, un système de télégraphie optique, qui fonctionna très bien entre Vérone et Mantoue, distantes de 35 kilomètres.

Les armées prussiennes restèrent également reliées entre elles et avec Berlin, mais il y eut de nombreuses interruptions, et ce service fonctionna d'une façon assez médiocre et avec beaucoup de difficultés, ainsi que le témoigne le rapport suivant de l'ancien inspecteur général des télégraphes prussiens, Merting : « Faute de savoir qu'on doit s'approprier les lignes télégraphiques de l'ennemi, dans leur ignorance de la connexité qui existe entre les réseaux de l'Etat et ceux de campagne, les troupes ont généralement détruit de fond en comble, à mesure qu'elles avançaient, les lignes que l'ennemi avaient laissées intactes. Bien plus, elles ont dans les temps d'arrêt dévasté les stations, brisé les piles et les appareils. Le génie de la destruction s'est appesanti même sur des lignes déjà exploitées par nous et qui assuraient nos communications par exemple dans le Hanovre et dans la Hesse. En revanche, des armées en retraite ont laissé à l'ennemi qui pouvait les utiliser immédiatement des établissements télégraphiques en parfait état.

« Comme exemple de l'ignorance absolue de l'usage des choses, on peut citer le fait suivant : Nos soldats ont complètement démoli le télégraphe, les stations, les isolateurs, les appareils de signaux, etc., sur des lignes de chemin de fer que nous utilisions déjà pour nos propres transports.

« Ailleurs on a arrêté la circulation du matériel télégraphique, entravé son établissement, refusé aux employés de se porter en avant; on a empêché à ces derniers de profiter des matériaux qu'ils avaient apportés. Des corps ont passé par dessus des lignes légèrement construites,

sans aucune précaution, les ont dégradées sans autrement s'en préoccuper ; d'autres ont refusé de garder le télégraphe et de le réparer quand il avait été détruit ; enfin on a abattu les poteaux pour faire des feux de bivouac.

« De tels actes de vandalisme n'auraient pas eu lieu si on avait donné des ordres pour les interdire. Cela prouve qu'il faut avant tout que les officiers possèdent des notions générales étendues sur la télégraphie militaire, ses ressources, ses modes d'action, et sur ses rapports avec le réseau de l'Etat. »

Ces leçons de la campagne de 1866 ne furent pas perdues pour l'armée prussienne ; la question de la télégraphie militaire fut mise à l'étude d'une manière sérieuse, et des expériences de télégraphie eurent lieu aux manœuvres d'automne de 1868 et 1869.

Campagne de 1870-71.

685. Au début de la guerre de 1870-71, le service de la télégraphie militaire n'était encore qu'ébauché dans les différentes armées européennes ; néanmoins les Allemands possédaient déjà quatre sections de télégraphie de campagne, et trois de réserve, tandis que les Français n'avaient qu'une compagnie du génie pour le même service. Cette compagnie fut d'ailleurs enfermée dans Metz, dès le début de la campagne, et ne put guère se rendre utile.

Quand les armées de la Loire, du Nord et de l'Est furent improvisées, on leur adjoignit des sections télégraphiques formées d'employés de l'administration. — Elles parvinrent à remplir leur mission assez convenablement.

Pour la défense de Paris, les forts étaient reliés entre eux et avec la place par un câble souterrain. On avait même eu la précaution d'immerger un câble dans la Seine, afin de conserver la communication avec la province. — Malheureusement, la trahison d'un habitant du

Pecq en livra le secret aux Allemands, qui n'ayant pu surprendre les dépêches françaises écrites en langage chiffré, coupèrent le câble. — Cet événement malheureux empêcha les communications régulières entre la capitale et les armées de province, et eut certainement des conséquences néfastes au point de vue du résultat final.

Du côté des Allemands, rien ne fut négligé pour créer le plus de communications possible. L'usage intelligent du câble télégraphique contribua pour une bonne part aux succès inouïs de l'armée d'invasion.

Au fur et à mesure des opérations, les Prussiens formèrent encore trois sections de campagne et deux sections d'étapes.

A la fin de décembre, les sept sections de campagne et les cinq sections d'étapes étaient réparties de la manière suivante : quatre sections de campagne et deux étapes dans Paris, deux de campagne et deux d'étapes avec le prince Frédéric Charles sur la Loire, enfin une de campagne et une d'étape au nord avec le général Manteuffel.

Les Prussiens organisèrent également, dans le cours de la guerre, une direction spéciale de la télégraphie militaire à laquelle furent confiés l'établissement, les réparations et le service de toutes les lignes télégraphiques fixes du théâtre de la guerre.

Cette direction fit construire ou rétablir 6,464 kilomètres de lignes, avec une longueur plus que double de fils et 135 stations.

Voici du reste quelle était la manière de procéder des Allemands :

Les premiers jalons étaient suivis de télégraphistes chargés de poser le câble. La ligne volante n'était pas longtemps abandonnée à elle-même : aussitôt qu'une avant-garde régulière prenait possession du terrain, on régularisait la pose.

On plaçait sur des poteaux provisoires

le fil qui reposait sur le sol exposé au passage des fourgons, des caissons et des pièces de canon.

Mais ce n'était point assez de ces réparations sommaires indispensables ; avec l'armée arrivait un détachement de télégraphistes établissant, avec tout le luxe de précautions réglementaires, la première ligne : celle des avant-postes. — Aussitôt qu'elle pouvait fonctionner, elle était rattachée, coûte que coûte, avec le réseau prussien et ne se terminait que dans le bureau de l'état-major général à Berlin.

Mais ce n'est pas tout. — On ne commettait pas la faute d'économiser les piles, on comprenait qu'en étant prodigue du fluide de Volta, on augmentait les chances d'économiser le sang des soldats de l'empire. — Nuit et jour un courant permanent circulait dans les lignes définitives. Aussitôt que le fil était coupé par un franc-tireur ou un patriote français, des signaux d'alarme avertissaient les télégraphistes militaires de ce qui venait de se passer.

Dans chaque poste télégraphique se trouvaient nuit et jour des chevaux selés ; aussitôt que les cloches d'alarme indiquaient une rupture, les cavaliers s'élançaient dans la direction indiquée. Comme ils partaient à la fois des deux bouts de la section interceptée, l'un ou l'autre avait de grandes chances pour arrêter le délinquant ; s'il était saisi, la rigueur des lois militaires lui était appliquée sur l'heure.

En outre, le réseau était suivi par de nombreuses patrouilles qui se succédaient sans interruption. Mais ce n'était pas assez pour l'état-major de prendre toutes les précautions possibles pour sauvegarder la première ligne ; cette ligne avancée n'était pas seule, elle était doublée par une seconde plus éloignée de Paris, prête à servir dans les sections temporairement coupées par l'ennemi.

C'est surtout pendant le blocus de Paris que le réseau des Allemands prit la plus grande extension. — Nous empruntons

à l'ouvrage du capitaine Gœtze du génie prussien, la carte indiquant le développement du réseau télégraphique militaire organisé par les Allemands (*fig. 360*).

Les deux grands centres où venaient aboutir tous les fils étaient : à l'ouest, Versailles où se trouvaient le grand quartier général et le quartier général de la troisième armée, et à l'est, Thoiry près de Lagny, point jusqu'où le chemin de fer de l'Est était encore en exploitation, après qu'on eut établi la dérivation permettant de tourner le tunnel de Nanteuil.

Entre ces deux points s'étendait au nord et au sud un immense réseau, dans le parcours duquel il y eut, en certaines sections, jusqu'à neuf fils, comme entre Versailles et Juvisy.

Le premier réseau se rattachait aux postes avancés, tels que : la Celle-Saint-Cloud, Meudon, Clamart, etc..., et même jusqu'à de simples batteries.

Le deuxième réseau consistait dans les lignes fixes existant le long de tous les chemins de fer partant de la capitale, et qui avaient été réparées.

L'étendue du réseau télégraphique était d'environ 160 kilomètres avec 25 stations.

Guerre turco-russe.

686. Pendant la guerre turco-russe, les Russes déployèrent une grande activité pour établir des communications suffisantes avec les armées d'opérations.

Le passage du Danube était à peine effectué que déjà les lignes d'étapes étaient installées, et pendant le mouvement offensif de l'armée russe, elles purent fonctionner sans interruption. On évalue à 1,400 kilomètres les lignes construites dans cette région.

De même sur le théâtre de la guerre en Asie, les Russes créèrent plus de 1,100 kilomètres de lignes télégraphiques, surveillées par des piquets de Cosaques échelonnés. Ces communications rendirent

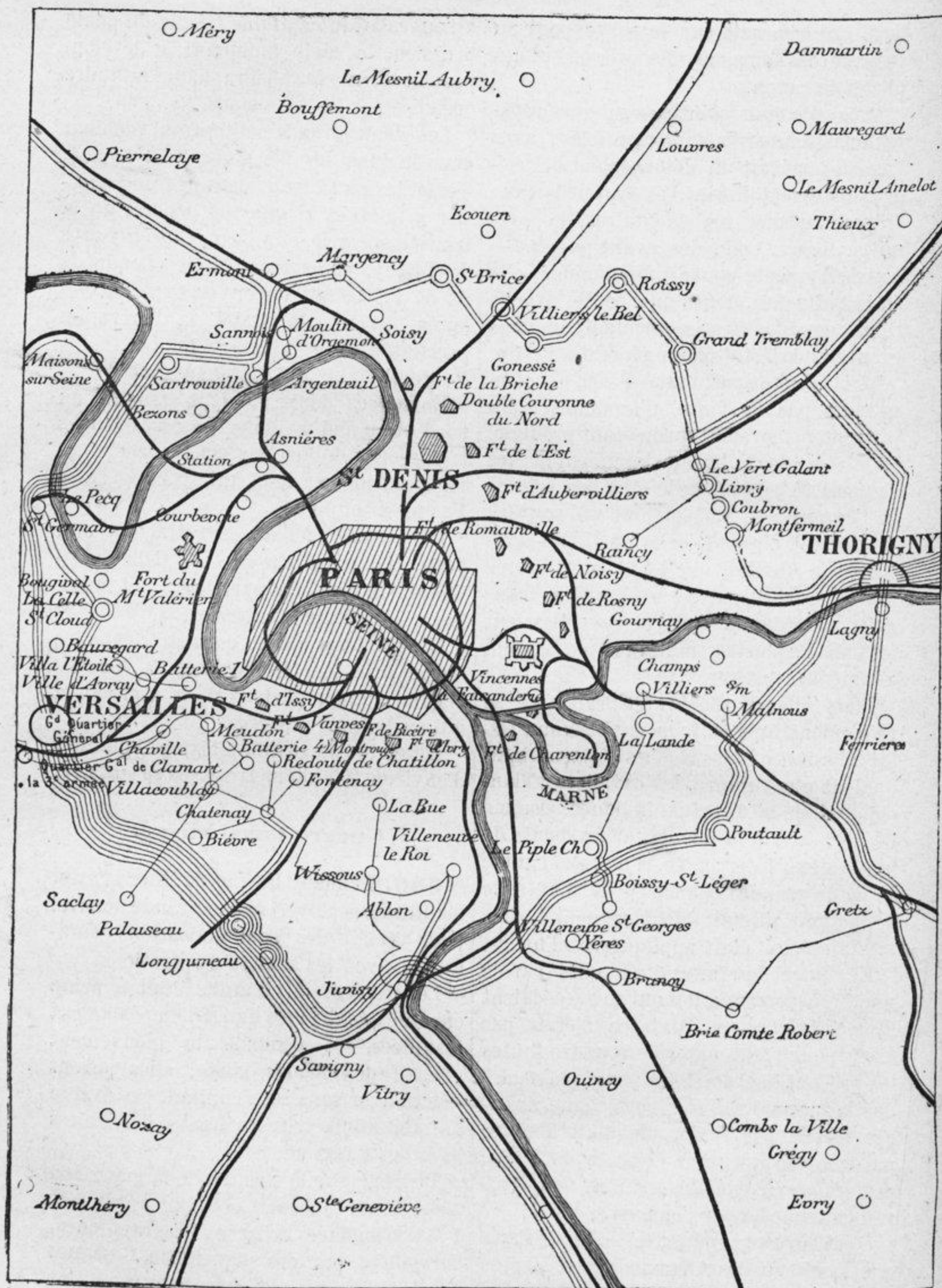


Fig. 360.

de très grands services aux Russes, notamment pour l'exécution du double mouvement tournant, opéré par l'armée du grand duc, et par celle du général Lozareff, et qui eut pour résultat la défaite complète des Turcs commandés par Mouktar-Pacha. Ce ne fut qu'avec les plus grandes peines et la plus grande énergie, que le personnel russe chargé d'établir les communications télégraphiques parvint à remplir sa mission. Nous trouvons dans une publication de la guerre turco-russe, l'expression des plaintes d'un agent supérieur russe du télégraphe, plaintes qui sont presque identiques à celles que nous avons citées plus haut, de l'inspecteur général Mer-ting, pendant la campagne de 1866 :

« Maintes fois il fallut, dit l'inspecteur russe, surtout à proximité du grand quartier général, défaire et refaire les lignes déjà installées, par suite des ordres particuliers des commandants des corps d'armée en marche, faute d'entente entre eux.

« L'entretien du réseau était d'autant plus difficile qu'il avait à souffrir non moins de la malveillance que d'accidents fortuits.

« En raison de la plus grande facilité de transport du matériel, on élevait en général le télégraphe le long des routes. — Ainsi d'Osma à Karagatsch, on dut rétablir trois fois la ligne à nouveau parce que les voitures quittant la chaussée, défoncée par les pluies continuelles, renversaient les poteaux et circulaient sans y prendre garde. On n'eut d'autres ressources que de refaire la ligne parallèlement à la route, dans un ravin impraticable aux charrois et aux cavaliers.

« Il arriva fréquemment que les conducteurs des trains coupèrent eux-mêmes les fils télégraphiques pour s'en servir en guise de liens ou de moyens d'attache, en cas de besoin ; enfin on arrachait les poteaux pour les brûler au bivouac.

« Une plainte ayant été portée à ce

sujet au quartier général, on répondit qu'il n'était pas bien étonnant que dans une contrée dépourvue de bois, les soldats en eussent usé ainsi et que, par humanité, on ne pouvait guère leur en faire un reproche, ni même exiger qu'ils remplaçassent les poteaux brûlés. »

Nous avons tenu à citer ces faits pour faire voir avec quelles difficultés le personnel du télégraphe est aux prises, lorsqu'il n'est pas appuyé et secondé par le commandement. Celui-ci n'attache généralement d'importance qu'aux mouvements de troupes combattantes, et considère tout le reste comme accessoire. — Les faits que nous avons énoncés démontrent surabondamment que le commandement doit faciliter, par tous les moyens en son pouvoir, la tâche des services « dits auxiliaires », sans négliger en quoi que ce soit les combattants.

Du reste avec une armée comme l'armée française où chaque soldat est instruit du rôle considérable que remplissent les communications télégraphiques, nous estimons qu'il n'y a pas à craindre de voir se produire des faits comme ceux qui ont été reprochés aux soldats russes ; la seule chose à craindre, c'est que les troupes de cavalerie ne détruisent d'une façon intempestive des lignes qui seraient utiles à l'armée, et cela parce que les officiers commandant les détachements ne se seront pas rendu compte de cette utilité ?

Le règlement français dit, il est vrai, que aucune ligne télégraphique ne doit être détruite sans un ordre de l'état-major général, mais ces ordres seront-ils toujours donnés à temps, et suffisamment détaillés pour que tout soit prévu et qu'il n'y ait pas de méprise ?

Les Turcs n'employèrent le télégraphe que longtemps après le début des hostilités ; ils n'en tirèrent pas grand profit, sans doute à cause du peu d'expérience qu'ils avaient de ce genre de correspondance.

Campagne des Anglais dans le Zouloulouland.

687. Les Anglais ne songèrent pas, au début de cette campagne contre les sauvages, à se munir du matériel et du personnel nécessaire pour établir leurs communications télégraphiques. Ce ne fut qu'à la suite de leurs premiers revers qu'ils envoyèrent au Cap un parc de télégraphie de campagne, et peu de temps après, un matériel de campagne plus complet et plus léger, composé en grande partie d'héliographes.

C'est au moyen de l'héliographie que le colonel Pearson, cerné par 20,000 Zoulous dans le fort d'Ekowe, avec les troupes anglaises échappées au désastre d'Isondulla, put correspondre, pendant toute la durée de l'investissement, avec les forces britanniques cantonnées sur le territoire de Natal et trop peu nombreuses pour reprendre l'offensive avant l'arrivée des renforts qu'on avait été obligé de faire venir d'Europe.

L'armée de secours, amenée par lord Chelmsford, fut annoncée aux assiégés par la même voie; de son côté, le colonel Pearson prévint les troupes qui venaient le délivrer des principaux mouvements de l'ennemi. — C'est ainsi que lord Chelmsford fut averti de la marche exécutée contre lui par la masse des Zoulous, ce qui lui permit d'organiser son camp dans de bonnes conditions. — Après ce combat le colonel Pearson fit également connaître au vainqueur que la défaite des Zoulous était complète et que rien ne s'opposait plus à la marche en avant.

Campagne des Anglais dans l'Afghanistan.

688. Pendant cette campagne, les Anglais firent un très large emploi de la télégraphie militaire; ils ne construisirent pas moins de 680 kilomètres de lignes télégraphiques pour se relier à leur base d'opérations; ils organisèrent le service d'héliographie pour rejoindre ce premier

système à leurs armées d'opérations; enfin ils firent également usage des fanions pour se mettre en communication avec les têtes de colonnes.

Des signaux exécutés avec un drapeau d'un mètre carré furent aperçus, à l'aide d'une longue-vue, à une distance de près de 40 kilomètres. — Ces différents systèmes de télégraphie, qui reliaient les têtes de colonnes de l'armée anglaise avec sa base d'opérations et aussi les colonnes entre elles, rendirent à cette armée des services précieux et ne contribuèrent pas peu au succès final.

Campagne des Anglais dans le Soudan.

689. Les Anglais n'ont jamais manqué, dans leurs opérations dans le Soudan, de rester en communication par le télégraphe avec l'intérieur du pays et avec leurs divers corps. Nous indiquerons un procédé particulier de ligne employé par eux dans cette contrée.

Dans l'établissement de la ligne Souakim à Berber, les Anglais ont employé le genre de poteaux suivant. Le sabot de ces poteaux est construit d'après le système breveté de MM. Le Grand et Sutcliff de Londres, adapté spécialement aux poteaux télégraphiques par les frères Siemens et Compagnie.

La figure 361 représente la forme du pieu imaginée par MM. Le Grand et Sutcliff, ainsi que le hoyer servant à l'enfoncer. Le pieu est en acier fondu, pointu à sa partie inférieure, un peu recourbé et creux dans le haut. Le hoyer est un fer forgé; sa forme et la manière de l'employer ressortent clairement dans la figure.

La figure 362 fait voir un sabot enfoncé en terre, avec le poteau télégraphique fixé par dessus. Ce poteau est creux et légèrement conique; il est disposé à sa partie inférieure de manière à s'ajuster exactement sur la partie supérieure du pieu. Un anneau vissé sur le joint donne au système la solidité désirable.

Deux hommes peuvent, en deux ou

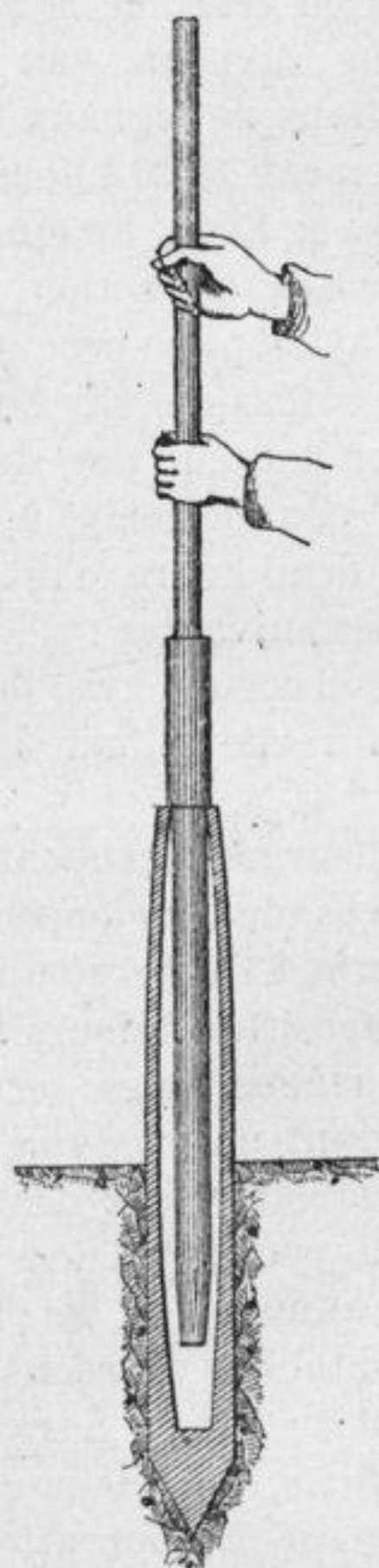


Fig. 361.

trois minutes, fixer un poteau de ce genre en terrain moyen, et ils sont en mesure, dans une journée, d'en établir plus que dix hommes en employant les procédés ordinaires. En outre, avec ceux-ci et malgré le dommage, le terrain n'est pas immédiatement consolidé autour des poteaux, tandis qu'avec le système indiqué les poteaux sont immédiatement solidement fixés.

Les lignes télégraphiques du Brésil sont établies presque entièrement à l'aide de poteaux de ce genre, et jusqu'à présent on est content de ce système.

Nous croyons que des poteaux de ce genre sont fort lourds et fort chers, et qu'ils ne peuvent guère convenir que pour des lignes fixes.

Les Anglais ont également, au prix de

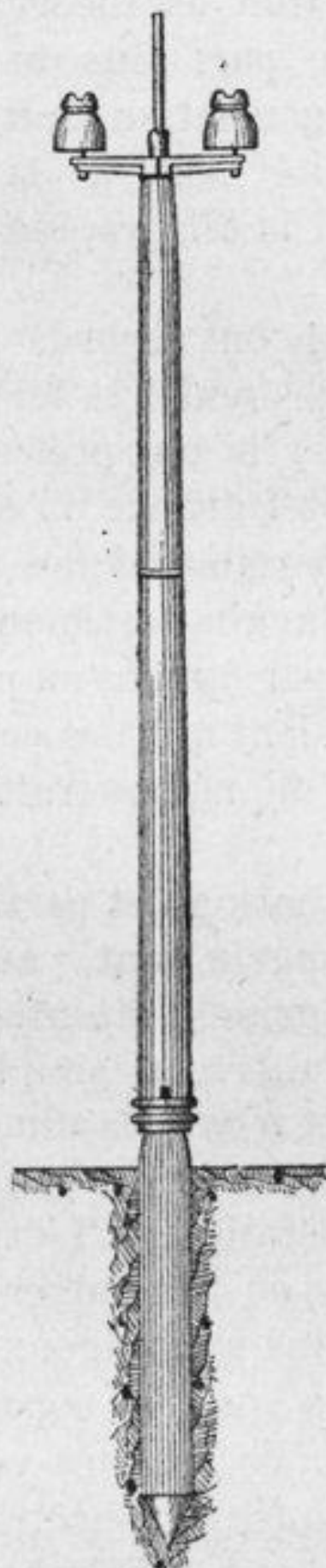


Fig. 362.

grandes difficultés, assuré leurs communications sur le Nil en faisant traverser ce fleuve, près d'Assouan, par trois fils de 2 millimètres de diamètre qui, d'une seule portée, allaient d'une rive à l'autre, dont la distance est de 2,100 mètres.

Campagne des Autrichiens en Bosnie et en Herzégovine.

690. A la suite de la guerre franco-allemande de 1870-71, la plupart des nations européennes s'occupèrent d'organiser dans leurs armées respectives un système de télégraphie militaire plus ou moins calqué sur l'organisation allemande.

Suivant le tempérament de chaque nation, et suivant les théories en vogue, on donna une part plus ou moins large dans cette organisation, soit à la télégraphie électrique soit à la télégraphie optique, soit à la télégraphie par signaux isolés.

Les Français ont accordé peu d'attention jusqu'à présent à la télégraphie par signaux isolés ; ils ont préféré s'en tenir, même pour le télégraphe du champ de bataille, aux appareils optiques de campagne du colonel Mangin, estimant que les signaux isolés par fanions ou par lanternes ne constitueraient que des palliatifs pour le cas où l'on manquerait d'appareils optiques.

Les autres nations et particulièrement l'Autriche-Hongrie ont, au contraire, accordé une grande attention à la télégraphie irrégulière, si simple et si facile à organiser, et n'ont pas admis en général les appareils à lentilles ou autres sur les champs de bataille. — L'expérience est seule capable de démontrer quel est le système le plus avantageux. Pour nous, nous estimons que des appareils perfectionnés munis de longues-vues, et dont la correspondance ne peut être interceptée par l'ennemi, sont préférables à des fanions ou à des lanternes qui, outre leur peu de portée, présentent l'inconvénient d'éveiller l'attention de l'ennemi.

L'occupation de la Bosnie et de l'Herzégovine a fourni aux Autrichiens l'occasion d'expérimenter l'organisation qu'ils ont adoptée pour les signaux et les résultats ont été des plus satisfaisants, ainsi que le démontrent les faits suivants que nous empruntons à une étude faite dans le *Bulletin de la Réunion des Officiers*, par M. le capitaine Hügel.

« Tout d'abord, nous voyons une bri-

gade détachée de la 6^e division d'infanterie demeurer en relation avec l'état-major de cette division, au moyen de quelques stations de signaux embrassant un développement de 20 kilomètres.

« Au combat de Zépu, lorsque le gros de la division entra en action, le général Tegethoff, n'ayant pu se procurer des renseignements suffisants sur l'ennemi, envoya sur une hauteur une station de signaux. Très peu de temps après il recevait, à une demi-heure d'intervalle, les deux dépêches suivantes :

« 1^o L'ennemi occupe avec de l'artillerie une position à cheval sur la route de Zépu ;

« 2^o Les insurgés occupent une position de 1,600 pas de développement en travers de la route, à l'auberge du Voljo-Planina. La composition de leurs forces est la suivante : 4 canons longs servis par des hommes portant un costume de couleur foncé, vraisemblablement des soldats réguliers ; sur le pont 900 Turcs avec 40 cavaliers et 20 animaux de bât ; à l'ouest de la route 1 bataillon de rédifs ; un autre qu'on ne peut distinguer à travers bois. »

Il serait difficile, croyons-nous, de mieux répondre à ce qu'on peut attendre d'une section de signaleurs. Aussi le même général jugea-t-il à propos de se servir de la télégraphie par signaux pour la transmission de ses ordres pendant le combat et, cette fois encore, il réussit complètement, comme le témoigne, la dépêche suivante qui reçut son exécution.

« Au lieutenant colonel Kaltenbrunner : Je m'avance au centre sur Visoko ; le major Eimansberger est déjà sur notre flanc gauche menacé. Tâchez de gagner du terrain dans la direction du pont de la Bosna. Les hauteurs de Tratintsas semblent évacuées par l'ennemi. »

CHAPITRE XII

ORGANISATION DE LA TÉLÉGRAPHIE MILITAIRE DANS LES ARMÉES ÉTRANGÈRES

691. Nous ne parlerons ici que de l'organisation de la télégraphie militaire dans les armées des grandes puissances de l'Europe, à savoir : l'Allemagne, l'Autriche, la Hongrie, l'Angleterre, l'Italie et la Russie.

§ I. — ALLEMAGNE.

692. *Comment le service est assuré.* — Le service de la télégraphie militaire, en Allemagne, est assuré à la fois par un personnel militarisé de la télégraphie civile, et par des détachements de pionniers.

Il comprend :

1° Huit ou neuf sections télégraphiques;

2° Six sections télégraphiques de réserve ;

3° Quatre directions télégraphiques d'étapes.

693. Les *sections de campagne*, assez légères pour se mouvoir au besoin en dehors des routes, sont chargées du service de première ligne c'est-à-dire de relier les brigades, divisions, corps d'armée, au quartier général d'armée.

694. Les *sections de réserve*, plus lourdes que les sections de campagne, doivent relever celles-ci au fur et à mesure que l'armée se porte en avant et leur remplacer l'équivalent du matériel employé.

695. Les *directions télégraphiques* sont chargées de relier les lignes déjà établies avec le réseau de l'intérieur et de fournir le matériel aux divisions de première

ligne et de réserve. — Le Directeur règle l'exploitation des communications entre le réseau de l'État et les lignes de campagne; il réside en principe au quartier général de l'inspecteur d'étapes, qui le maintient en relations constantes avec le commandement de l'armée et les sections télégraphiques de première ligne.

En admettant l'hypothèse de quatre armées, chacune d'elles posséderait : une ou deux sections télégraphiques de campagne; une ou deux restant à la disposition du grand quartier général; une ou deux sections télégraphiques de réserve, une ou deux restant à la disposition du grand quartier général; une direction télégraphique d'étapes.

696. Il y a en outre une *direction générale de la télégraphie militaire*; son chef est chargé de la direction de la télégraphie d'étapes, ainsi que de celle du service des télégraphes sur l'ensemble du théâtre de la guerre. Ce chef marche avec le grand quartier-général. La construction des lignes et l'établissement des postes sont entièrement confiés aux pionniers, le per-

sonnel militarisé de la télégraphie civile n'est chargé que de la transmission des dépêches.

On voit que cette organisation diffère notablement de celle de la France où le personnel militarisé de la télégraphie civile est chargé à la fois de la construction des lignes et de la manipulation des appareils.

Composition des sections.

697. Personnel. — Chaque section de campagne ou de réserve se compose d'un détachement télégraphique et d'une colonne de train. Ces éléments sont constitués à l'aide de pionniers, chargés de la construction, d'employés chargés du service des appareils, et d'hommes de la catégorie des soldats du train chargés de conduire le matériel. En temps de guerre, l'effectif d'un détachement d'une section télégraphique de campagne se compose de trois officiers, sept à onze employés du télégraphe, huit sous-officiers, quatre-vingt-deux pionniers ou *Gefreite*, un médecin, onze soldats du train, dix chevaux dont huit de selle, une voiture à bagages.

La colonne du train comprend : un officier, quatre sous-officiers et trente-deux soldats du train, soixante-six chevaux et treize voitures dont six de matériel à six chevaux, un chariot à ridelles à quatre chevaux, trois voitures stations et trois voitures de transport des employés à deux chevaux.

La section peut se partager en trois ateliers, disposant chacun d'une voiture-station, de deux voitures de matériel et d'une voiture de transport d'employés, ce qui permet de commencer la construction simultanée de trois lignes.

Le détachement télégraphique d'une section de réserve est fort de : trois officiers, un médecin, vingt employés, huit sous-officiers, quatre-vingt-deux *gefrites* et pionniers, treize soldats du train, dix

chevaux dont huit de selle et une voiture à bagages.

La colonne du train se compose d'un officier, six sous-officiers, trente-neuf soldats du train, quatre-vingt-un chevaux et seize voitures.

Chaque direction des télégraphes d'étapes, comprend trois inspecteurs et trente secrétaires, dix contre-maîtres et trente ouvriers poseurs, plus une colonne du train de : un lieutenant, quarante-cinq sous-officiers ou soldats, soixante-cinq chevaux et quatorze voitures.

Ce personnel, qui peut être augmenté par des travailleurs militaires et des ouvriers civils, est réparti en deux sections, l'une de construction, l'autre de reconstruction.

698. Matériel. — Chaque section de campagne possède un matériel suffisant pour établir environ 35 kilomètres de lignes télégraphiques dont vingt-trois sur poteaux et douze au moyen de fils conducteurs isolés; ce matériel renferme en outre plus de 300 mètres de câble spécial.

Les six sections de réserve disposent d'un matériel permettant de construire la même longueur de ligne que les huit ou neuf sections de campagne. Enfin, les directions télégraphiques d'étapes sont organisées de façon à installer au moins 574 kilomètres de ligne, et elles disposent en outre d'une réserve de matériel correspondant à un développement de 190 kilomètres.

L'ensemble des diverses formations peut en résumé fournir 1,324 ou 1,394 kilomètres de communication, suivant qu'il existera huit ou neuf sections de campagne (les renseignements ne sont pas précis à ce sujet).

Le fil conducteur ordinaire est en cuivre de 2 millimètres de diamètre. Il existe aussi des fils d'acier de 2 millimètres 18 de diamètre.

Le fil conducteur isolé se compose de trois torons en cuivre il est recouvert d'une triple couche de matière isolante

analogue à la gutta-percha, et entouré d'une enveloppe formée d'une sorte de feutre grossier.

Le câble spécial, employé dans les circonstances où les fils précédents ne seraient pas assez forts, a un diamètre total de 6 millimètres. Il se compose d'un fil d'acier flexible, noyé dans une matière isolante et protégé par six fils de cuivre enroulés en spirale. L'ensemble est entouré d'un tissu de chanvre grossier, imprégné d'une composition isolante. Pour franchir des fleuves ou des bras de mer, le câble est constitué par sept torons en cuivre, également isolés et enveloppés, et par seize fils de fer de 2 millimètres $1/2$ de diamètre chacun, tordus en spirale autour du câble.

Les isolateurs sont en ébonite. Les *poteaux* sont en bois de sapin choisi avec soin; ils sont espacés de 40 mètres.

On emploie des *piles* du système Marié-Davy; elles sont composées de dix éléments. Chaque section possède dix de ces batteries.

Les appareils de station sont du système Morse.

Les voitures de station sont des voitures fermées, pourvues de deux fenêtres à l'avant et de deux sur le côté gauche; on y pénètre par une portière située à l'arrière et percée d'une fenêtre. L'intérieur est aménagé de telle sorte que deux télégraphistes puissent commodément travailler et se reposer.

La voiture du matériel est couverte; elle a une forme analogue à celle du chariot de parc français, mais elle est suspendue et à tournant illimité. Trois compartiments principaux la divisent dans le sens de la longueur pour les poteaux et les fils, avec des compartiments plus petits, pour les outils et agrès de moindre dimension.

Les voitures à ridelle servent à transporter la réserve du matériel, le fourrage, etc.; on les recouvre d'un prélat imperméable.

La voiture de transport des employés est une sorte de coupé, pouvant se découvrir et présentant à l'avant et à l'arrière un coffre à bagages.

La première section de la direction des télégraphes d'étapes transporte 51 kilomètres de fil pour lignes sur poteaux, 7 kilomètres de fil conducteur isolé et environ 1 kilomètre de câble spécial, semblable au matériel déjà décrit. La seconde section, chargée de reconstruire d'une manière plus solide les lignes établies, possède 75 kilomètres $1/2$ de fil conducteur et 650 isolateurs; elle emploie en outre tous les matériaux qu'elle peut trouver sur place. Cette reconstruction n'a lieu que sur l'ordre du chef de la télégraphie militaire, qui est seul en mesure de se rendre compte de la situation générale.

Service télégraphique des avant-postes

699. Les Allemands ont également songé à organiser un service télégraphique spécial aux avant-postes, et susceptible d'être employé aussi bien en rase campagne que dans la guerre de siège ou de position.

Ce télégraphe comprend deux appareils imprimeurs du système Morse reliés l'un à une pile et l'autre à un câble de 500 mètres renfermé dans un sac de soldat.

Ce câble se compose d'une âme isolée par une enveloppe de soie et une couche de gutta-percha, sur laquelle s'enroulent des fils de cuivre très fins, qui assurent le retour du courant. Ces fils sont eux-mêmes enveloppés de chanvre et le tout est imbibé d'une composition isolante. Le diamètre total du câble est de 3 m/m ; son poids de 6 kilos 200 pour 500 mètres.

La pile, organisée de manière à pouvoir être transportée facilement et sans répandre les liquides des éléments, se compose de dix éléments du système

Daniel, modifiés par Siemens et Halske. Elle reste à la station initiale avec l'un des appareils Morse; le second [appareil est transporté en avant avec le sac porte-câble.

Le poids total de la pile et de son enveloppe est de 11 kilogs.

Les deux appareils récepteurs sont identiques et pesant chacun 4 kilogs 250. La dépêche en arrivant met automatiquement l'appareil en mouvement et s'annonce par le son d'un timbre que l'on peut adapter ou enlever à volonté. L'appareil est monté à courant continu. Il est disposé de manière à pouvoir se rendre compte facilement du passage du courant ou de constater une interruption dans le circuit.

Un sous-officier et deux hommes suffisent pour assurer le service avec ce système. L'un des hommes reste à la station initiale avec l'un des appareils Morse et avec la pile; l'autre marche en avant et porte le sac porte-câble et est accompagné du sous-officier, qui porte l'autre appareil Morse relié au sac porte-câble.

L'organisation de ce matériel permet

de dérouler en dix minutes une longueur de câble de 1 kilomètre, qui est la distance la plus longue admise pour ce mode de correspondance.

Signaux optiques.

700. On a essayé de joindre les téléphones Siemens aux appareils Morse, de manière à pouvoir correspondre à volonté avec l'un ou avec les autres. Bien que les résultats aient été assez satisfaisants, on semble se préoccuper plutôt de l'introduction d'un système de signaux optiques. L'une des méthodes expérimentées récemment consiste à exécuter avec deux tiges, terminées par des panneaux de formes différentes, une série de signaux dont la combinaison exprime des lettres. Pendant la nuit, les deux tiges sont remplacées par deux lanternes de couleurs différentes, dont la position relative se trouve définie par une troisième immobile et fixée au corps de l'homme.

Bien que les résultats obtenus aient été satisfaisants, aucun système ne semble encore avoir été définitivement adopté.

§ II. — AUTRICHE-HONGRIE

701. Personnel. — Le personnel de la télégraphie militaire en Autriche-Hongrie comprend :

1° Des divisions de télégraphie de campagne, formées par les régiments de chemins de fer et télégraphes;

2° Des divisions de télégraphie de réserve, formées les unes par les régiments des chemins de fer et télégraphes, les autres au moyen du personnel de l'administration des télégraphes de l'État.

702. Les divisions de télégraphie de campagne sont chargées :

1° De l'établissement et de l'exploitation des lignes télégraphiques à construire dans la zone d'opérations, ainsi que de leur relèvement;

2° De la mise hors de service des lignes télégraphiques.

703. Les divisions de la télégraphie de réserve sont chargées :

1° De l'établissement et de l'exploitation de nouvelles lignes semi-permanentes, reliant les lignes de campagne au réseau permanent du pays, ainsi que du rétablissement et de l'exploitation des lignes télégraphiques permanentes détruites qui se trouvent dans la zone d'opérations;

2° De la mise hors de service des lignes télégraphiques en cas de besoin.

704. En temps de guerre, le régiment des télégraphes et des chemins de fer forme :

Trois directions de télégraphie de campagne de 1^{re} ligne (une par armée);

Trois directions de télégraphie de campagne de 2^e ligne (une par armée);

Quarante-trois divisions de télégraphie de campagne;

Trois divisions de télégraphie de montagne;

Deux compagnies de télégraphie de réserve.

Pour procéder à ces formations, le régiment se complète :

1° Par les employés du télégraphe de l'État *astreints* au service militaire;

2° En cas de besoin par les employés du télégraphe de l'État *non astreints* au service militaire; mais alors ceux-ci doivent former des divisions spéciales, sans aucun mélange avec l'élément militaire.

Tous les ordres pour la construction et la destruction des lignes et stations télégraphiques de campagne émanent des commandants d'armée.

Le groupement des divisions de télégraphie attachée à une armée dépend de la direction et de la longueur des communications télégraphiques dont on prévoit la construction prochaine; ce groupement est donc variable.

Les divisions de télégraphie de réserve se subdivisent en divisions de construction et en divisions d'exploitation.

Leur nombre dépend des conditions du théâtre de la guerre et du cours des opérations.

Matériel.

705. Il est recommandé d'utiliser le plus possible les lignes permanentes qu'on a sous la main, afin d'épargner le matériel de campagne.

706. *Le matériel roulant* se compose :

1° De deux modèles de voitures-poste : l'une avec deux appareils de campagne, et l'autre avec un seul;

2° La voiture de matériel nouveau

modèle, contenant des places pour six hommes, et le matériel nécessaire pour l'établissement d'une ligne de 6 kilomètres;

3° La voiture de matériel ancien modèle, contenant le matériel nécessaire pour la construction d'une ligne de 4 kilom. 1/2. — Elle est utilisée pour la télégraphie de 2^e ligne;

4° La voiture d'équipage, contenant les fourrages, les vivres et les sacs;

5° Le fourgon contenant des imprimés et du matériel de réserve;

6° Le camion porte-bobines.

707. *Le matériel de poste* se compose d'appareils de campagne du système Morse analogues aux appareils français avec piles de dix éléments, du système Marié-Davy.

708. *Le matériel de ligne* se compose :

1° D'un câble formé d'une tresse de cinq fils d'acier entouré de trois enveloppes de caoutchouc, d'une bande de toile goudronnée et d'un tissu de chanvre;

2° D'un câble à deux conducteurs formé de trois fils de cuivre, avec enveloppe de coton, couche de gutta-percha et deuxième enveloppe de coton; extérieurement, il est protégé par une armature en fil de cuivre qui sert en même temps de conducteur de retour. Ce genre de câble s'emploie pour des lignes secondaires ne devant être maintenues que très peu de temps;

3° D'un fil de cuivre nu, ou entouré d'une enveloppe de coton cirée pour la télégraphie de deuxième ligne;

4° D'un fil de fer galvanisé pour les lignes suspendues, et spécialement pour la réparation des lignes permanentes;

5° De perches en bambou avec isolateurs en ébonite, à défaut de supports naturels;

6° De clous à tige servant de support dans le cas où on peut les enfoncer dans les murailles ou dans les arbres.

709. *Établissement d'une ligne en câble.* — L'atelier de construction est composé de 12 hommes commandés par un inspecteur.

Lors du détachement du câble de la voiture du matériel, le numéro 1 soigne la bonne disposition du câble et les points d'attache. Le numéro 2, qui se trouve sur la voiture, règle le déroulement. Le numéro 4 laisse glisser le câble dans sa main, et soigne le déroulement régulier. Le numéro 3 jette le câble sur le côté. Les numéros 5, 6, 7 et 8 creusent les trous d'une profondeur moyenne de 0^m,30, lorsqu'il y a lieu d'employer les perches. Les numéros 9 et 10 suspendent le câble aux arbres, aux murs, etc., au moyen des clous à crochets ou le disposent dans les fossés des accesements. — Les numéros 11 et 12 l'enterrent aux traversées des routes. L'inspecteur de la ligne fait les joints.

Si l'on emploie le camion porte-bobines (dérouleuse): les numéros 1 et 4 enlèvent les bobines de la voiture et les posent sur le camion; les numéros 2 et 3 conduisent ce dernier. — Le numéro 4 règle le déroulement et jette le câble sur le côté du chemin; les autres ouvriers, ainsi que l'inspecteur font le même travail qu'avec le déroulement par la voiture.

710. Établissement d'une ligne suspendue. — L'atelier de construction est également composé de 12 hommes dirigés par un inspecteur (ce mot n'a pas la même signification qu'en France et indique simplement un chef d'atelier).

Le n° 1 détermine d'après les indications de l'inspecteur, les points de soutien; le n° 2 couche les poteaux, l'isolateur sur le point indiqué. Les n°s 3 et 4 déroulent le fil au moyen du camion. Les n°s 5, 6, 7 et 8, creusent les trous d'une profondeur moyenne de 0,30 centimètres. Le n° 9 tend le fil. Les n°s 10 et 11 placent le fil dans l'isolateur, puis ils dressent le poteau et le tournent jusqu'à ce que le fil soit tenu dans l'isolateur, car ce dernier contient une rainure contrariée qui maintient le fil. Le n° 12 raffermir le poteau en damant la terre et en employant éven-

tuellement des pierres. Il consolide également, avec l'aide de l'inspecteur, les poteaux placés aux angles, au moyen des étançons et des haubans.

Dans le cas où l'on pourrait utiliser les murs ou les arbres comme supports, le n° 2 dresse l'échelle et apporte les clous; les n°s 9 à 12 les enfoncent et attachent le fil.

711. Relèvement. — Le relèvement des lignes télégraphiques, s'opère par des moyens inverses de ceux qui ont été employés pour la construction. — Ils ne présentent, du reste, rien de particulier et nous nous dispensons de les décrire.

Télégraphie par signaux.

712. L'Autriche n'a pas encore adopté jusqu'ici d'appareils à lentilles ou d'appareils télescopiques pour la télégraphie de campagne; elle s'est contentée d'organiser un service de signaux qui fonctionne d'une manière très satisfaisante.

L'appareil employé normalement est extrêmement simple. Il consiste en un triangle isocèle mobile autour d'un arc; en lui donnant diverses positions, on indique des chiffres qui correspondent aux lettres de l'alphabet; pendant la nuit, on place des lampes aux extrémités du triangle.

Ces appareils permettent de correspondre à une distance de 12 à 16 kilomètres par un temps clair, et de 8 kilomètres par un temps ordinaire.

Pour correspondre à une distance plus grande ou bien par un temps défavorable, il est nécessaire d'intercaler des postes intermédiaires, qui comprennent généralement deux stations juxtaposées. Les appareils sont placés le plus près possible l'un de l'autre.

La marine austro-hongroise, emploie des systèmes particuliers de signaux pour correspondre avec la terre ferme.

De jour, elle fait usage de drapeaux, de diverses couleurs et formes qui, pris isolément, représentent les dix chiffres, et que

l'on combine par quatre éléments, placés les uns au-dessus des autres, pour figurer toutes les lettres de l'alphabet, tous les nombres et toutes les indications de service.

La nuit, elle emploie dans le même but

les éclats lumineux ou les lanternes de différentes couleurs.

Enfin, par les temps de brouillard, elle fait usage de signaux acoustiques, sifflements, sons de trompe, coups de canon, etc.

§ III. — ANGLETERRE

713. Personnel. — La construction des lignes de télégraphie électrique, en campagne, est réservée au corps du génie, qui se fait aider en cas de besoin par des auxiliaires pris dans d'autres armes, ou même par des ouvriers réquisitionnés.

714. Matériel. — Le *matériel roulant* et le *matériel de ligne* ne présentent rien de particulier.

Le *matériel de poste* offre certaines particularités savoir :

1° L'*appareil portatif de campagne* est du système Morse avec paratonnerre à stries, mais de dimensions beaucoup plus petites que l'appareil français et d'un poids de 8 kilogrammes seulement, accessoires compris; on en a construit un plus léger encore en aluminium;

2° Les Anglais ont également fait fabriquer un petit *appareil imprimeur*, ayant moins d'un décimètre cube de volume et pesant moins de 1 kilog;

3° Le *parleur-poste* a, à sa partie supérieure, un manipulateur du système Morse qui permet de s'en servir à l'occasion comme transmetteur. On l'introduit facilement dans un circuit à l'aide de bornes disposées sur les côtés;

4° Les *piles* en usage se composent de 12 éléments Leclanché, réunis dans une boîte et calés avec des tampons de feutre. Cette pile permet de correspondre facilement jusqu'à 40 kilomètres, mais elle présente l'inconvénient de former des sels qui attaquent les lames de cuivre réunissant les éléments; de plus elle demande un entretien et un nettoyage minutieux;

5° Les Anglais ont réuni dans une seule caisse, appelée *cantine-appareil*, le matériel complet d'un poste, c'est-à-dire la pile, l'appareil et les accessoires. Pour sa mise en station, il suffit d'ouvrir l'enveloppe et d'amener les fils aux bornes qui leur sont affectées.

Télégraphie optique.

715. En Angleterre, on paraît surtout avoir attaché une grande importance à la télégraphie optique et au service des signaux.

L'appareil employé pour la télégraphie optique se nomme *héliographe*. — C'est un

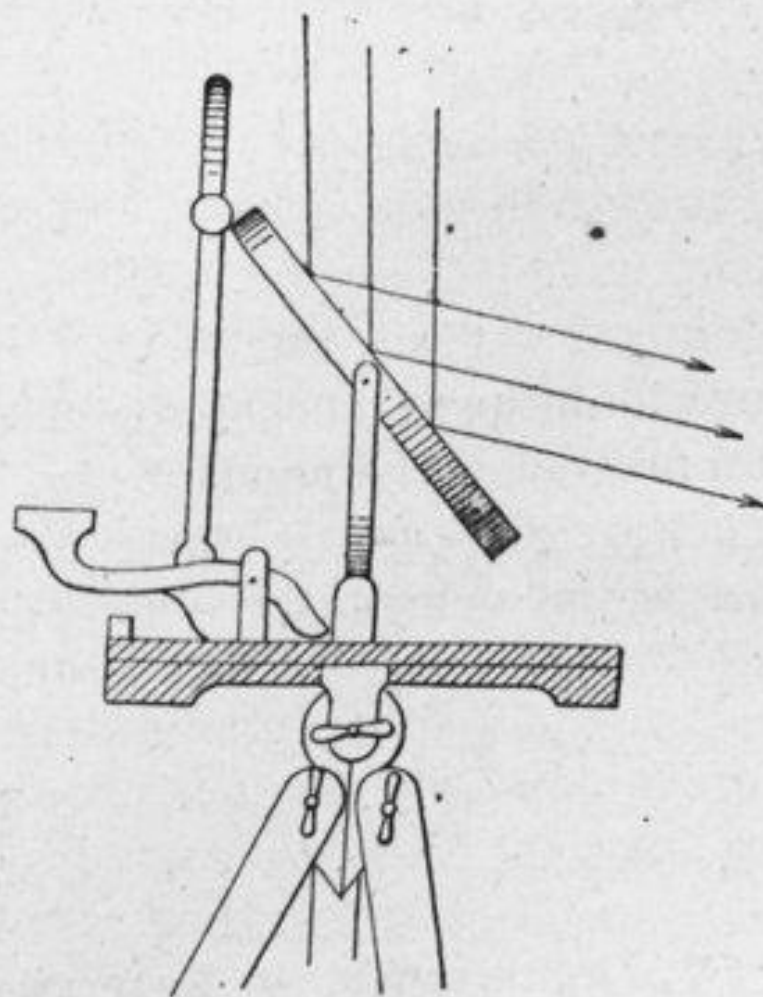


Fig. 363.

instrument composé essentiellement d'un miroir envoyant à distance un faisceau de

rayons réfléchis qui vient frapper l'observateur avec lequel il s'agit de correspondre (*fig. 363*).

Par un certain mécanisme, on fait dévier le miroir réfléchissant d'une quantité suffisante pour que les rayons n'atteignent plus le correspondant. — On obtient ainsi une série d'apparitions du foyer lumineux, d'une durée plus ou moins longue, correspondant par convention à l'alphabet Morse.

Une lunette de réception est adoptée à l'appareil.

Il existe également des héliographes à deux miroirs, disposés de manière que les

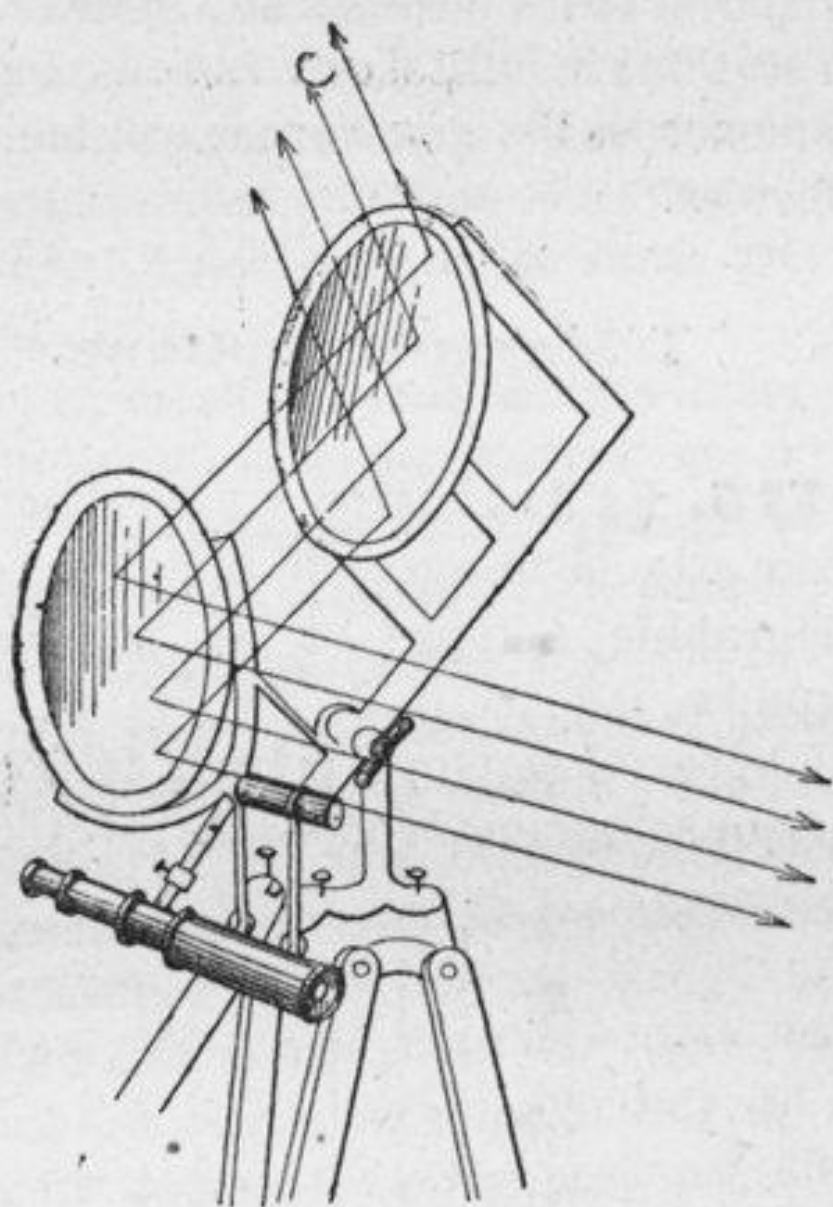


Fig. 364.

rayons doublement réfléchis soient envoyés en un faisceau correspondant (*fig. 364*).

L'héliographe est un instrument très délicat et qui se manœuvre assez difficile-

ment. Une grande habitude de la lecture des signaux est indispensable pour transmettre une dépêche ou la recevoir sans commettre d'erreur.

La portée de ces appareils peut aller jusqu'à 200 kilomètres par un temps serein. A défaut de l'héliographe, les Anglais font usage de signaux optiques faits, pendant le jour, avec des drapeaux et, pendant la nuit, avec des lanternes et la lampe à la lumière Drummond.

716. Corps de signaleurs. — Il existe en Angleterre un corps de signaleurs formés de la manière suivante :

Dans chaque régiment d'artillerie, de cavalerie ou bataillon d'infanterie, on désigne un officier instructeur auquel sont adjoints deux sous-officiers, pris parmi ceux qui ont obtenu un certificat d'aptitude en télégraphie à l'École militaire du génie de Chatam. On leur confie ensuite des classes d'instruction de dix à douze sous-officiers et soldats, doués d'une bonne vue et choisis parmi les hommes les plus intelligents. Des officiers désignés doivent également suivre les cours.

On parvient de la sorte à posséder dans chaque compagnie, escadron ou batterie, pour le service de la télégraphie optique : un officier, deux hommes de troupe et un intérimaire pour combler les vacances.

L'instruction est conduite avec beaucoup de soin et de méthode, et elle est terminée en trente à quarante jours de travail suivi.

Un officier est désigné spécialement pour passer, tous les six mois, l'inspection des signaleurs.

§ IV. — ITALIE

717. Organisation. — Le service de la télégraphie est assuré, en campagne, au moyen de sections de télégraphie militaire, qui ne sont formées qu'au moment de la mobilisation et qui sont placées sous la

direction du commandant supérieur du génie de chaque corps d'armée.

Ces sections, au nombre de dix (une par corps d'armée), sont exclusivement destinées à établir les communications télé-

graphiques dans le rayon d'opération du corps d'armée auquel elles sont attachées. En dehors de cette zone, le service télégraphique incombe à l'administration civile.

Chaque section se compose de : un officier, quatre sous-officiers, six caporaux, soixante-neuf soldats et un trompette. La colonne de matériel (50 kilomètres de fil) comprend un sous-officier, deux caporaux, trente soldats, quarante-quatre chevaux et neuf voitures.

En principe, on réunit télégraphiquement le grand quartier général, les quartiers généraux des corps d'armée et ceux des divisions.

Le service de la télégraphie de campagne comporte deux divisions : 1° les lignes temporaires ; 2° les lignes volantes.

718. Lignes temporaires. — Les lignes temporaires sont établies sur les points où l'on n'a pas à craindre les surprises et où l'on présume que le service pourra se faire pendant plusieurs semaines. Elles ne se distinguent des lignes normales que par leurs dimensions plus restreintes.

Chaque voiture de télégraphie temporaire renferme le matériel nécessaire pour une ligne d'environ 12 kilomètres, le fil de fer galvanisé roulé sur six cylindres ; elle contient en outre 700 mètres de fil de cuivre isolé au moyen de gutta-percha et d'une enveloppe de chanvre, et enfin 200 mètres de ce dernier fil recouvert en plus d'une lame de cuivre.

Les voitures transportent également des poteaux de 4 mètres de longueur, dont quinze cylindriques et soixante-dix coniques.

Un détachement de ligne temporaire se compose de : un officier, un sergent, un caporal et vingt-trois soldats.

D'après les expériences faites, ce détachement peut construire en onze heures, une ligne de 10 kilomètres, prête à fonctionner.

719. Lignes volantes. — Une voiture de télégraphie volante renferme tout ce qui est nécessaire pour l'établissement

d'une ligne volante de 24 kilomètres de longueur. Le fil de cuivre, isolé à la gutta-percha, est enroulé sur des cylindres en contenant 700 mètres chacun. Chaque voiture transporte en outre 400 mètres de fil de cuivre nu, plus cinq poteaux cylindriques et cinq coniques.

Les voitures-stations sont couvertes et renferment le matériel et les appareils Morse nécessaires au fonctionnement.

Chaque détachement se compose de : un officier, un sergent et vingt hommes.

La vitesse de pose d'une ligne volante peut atteindre celle d'une troupe en marche.

Le parc militaire de la télégraphie du corps d'armée comprend trois voitures pour lignes temporaires et deux voitures pour lignes volantes. Le parc ainsi constitué peut suffire pour construire une longueur de 64 kilomètres de ligne, dont 36 de temporaire et 28 de volante.

Le service de l'intendance est chargé de se relier lui-même, au moyen d'un personnel spécial, aux divers quartiers généraux et stations d'étapes et aux diverses intendances.

720. Télégraphie optique. — L'appareil de télégraphie optique adopté en Italie se compose d'une boîte en tôle divisée en trois parties par deux diaphragmes (fig. 365).

La boîte est terminée à l'avant par un tube m, h, i, u et fermée à l'arrière par une paroi d, e mobile autour d'un axe horizontal d ; cette paroi porte un réflecteur concave c, c' . A l'extrémité du tube m, h, i, u , se trouve une lentille bi-convexe h, i , dont le foyer principal est en F ,

Le foyer F' est le foyer conjugué de la source lumineuse F , par rapport à une deuxième lentille L , fixée dans le diaphragme p, q .

Un écran MM' peut fermer l'ouverture circulaire pratiquée dans le diaphragme r, s (fig. 366). L'écran est en relation à l'aide d'une triangle $M't$, avec un manipulateur B analogue à une clef Morse.

L'appareil est muni d'une lunette T, de grossissement convenable, dont l'axe est

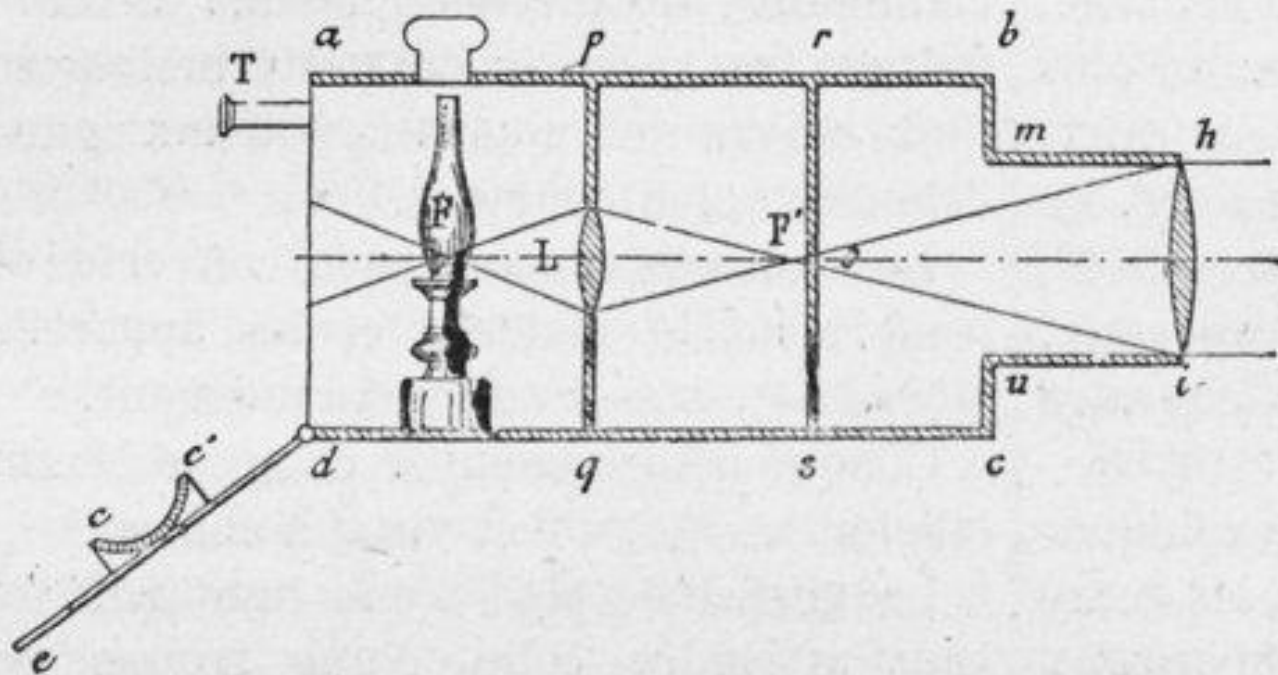


Fig. 365.

parallèle à celui des deux lentilles et du réflecteur.

La boîte est montée sur un trépied qui amène la lunette T à hauteur de l'œil.

La source lumineuse est une lampe à pétrole F, à bec plat; elle est placée au centre de courbure du réflecteur cc'.

Les rayons émanant de F sont réfléchis

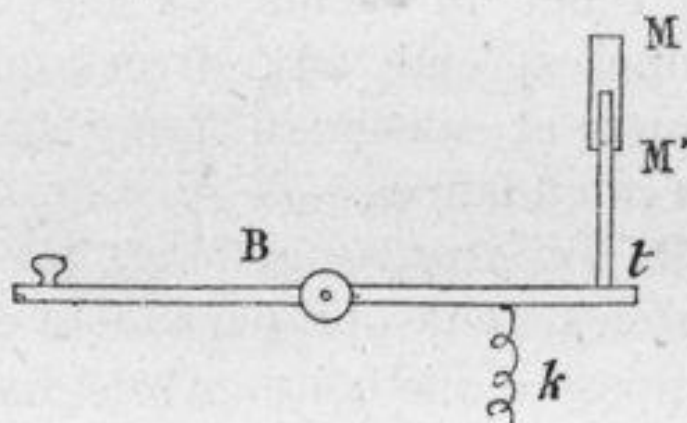


Fig. 366.

par le miroir cc', repassent par leur point d'émission, sont réfractés par la lentille L et viennent converger en F.

A l'état normal, ces rayons lumineux, passent par l'ouverture O, vont se réfracter à travers la lentille h, i et sont envoyés parallèlement à l'axe de cette lentille.

Si, au contraire, on abaisse le manipulateur, l'écran MM' vient se placer devant l'ouverture O, et intercepte ainsi le faisceau lumineux.

On peut donc, en appuyant plus ou moins longtemps sur le manipulateur B, produire une interruption de lumière

d'une durée plus ou moins longue.

Le manipulateur est amené dans sa position primitive par un ressort à boudin figuré en K.

Les Italiens ont expérimenté et paraissent avoir adopté un nouvel hélioscope, inventé par M. Bellato-Chiodo, qui permet de distinguer la direction des feux de l'artillerie ennemie, et peut être appliqué comme télégraphe de campagne, en imaginant une série particulière de signaux correspondant à un chiffre déterminé.

Cet appareil consiste en un réflecteur soutenu par un petit chevalet, qui dirige, au moyen d'un dispositif spécial, un faisceau de rayons solaires sur le point visé par l'artillerie. On emploie un réflecteur subsidiaire, lorsque les rayons solaires ne frappent pas directement le réflecteur de l'instrument.

§ V. — RUSSIE

721. But. — Le service de la télégraphie serait assuré, en temps de guerre, par seize parcs de télégraphie de campagne, qui seraient chargés d'établir et d'entretenir les lignes nécessaires pour relier les diverses fractions de l'armée entre elles et avec le quartier général, ainsi qu'avec le réseau de l'État.

Chaque parc se divise en deux sections, comprenant chacune deux stations.

722. Personnel. — Appartenant en temps de paix aux brigades de sapeurs, ces parcs sont, en temps de guerre, mis à la disposition des chefs d'état-major des corps d'armée ou fractions auprès desquels ils sont détachés. L'effectif du per-

sonnel varie suivant le pied de paix ou le pied de guerre.

L'effectif de chaque parc est *en temps de paix* de : trois officiers, trois sous-officiers, seize télégraphistes, quatre mécaniciens (surveillants), vingt-neuf conducteurs et deux non combattants (payeurs, etc.).

Les commandants des parcs sont choisis parmi les officiers de l'état-major du génie. Les autres officiers et les soldats de ces parcs sont tirés des bataillons de sapeurs, et leur instruction se fait dans les stations de l'État, où le commandant les inspecte deux fois par an.

Les télégraphistes et les mécaniciens sont choisis de préférence parmi les sapeurs sachant lire et écrire, ayant des aptitudes pour ce service, ou ayant été employés dans les télégraphes de l'État. Ces militaires doivent connaître parfaitement tout ce qui concerne le service, et la manipulation de la télégraphie électrique ou optique et des téléphones ; les mécaniciens doivent en outre savoir exécuter toutes les réparations ou faire toutes les recherches qui peuvent se présenter.

Pour avoir un nombre suffisant d'officiers instruits dans le service télégraphique, on en détache, pendant quatre semaines au plus, auprès des parcs télégraphiques.

A l'époque des grandes manœuvres des brigades de sapeurs, les parcs téléphoniques fonctionnent avec les autres troupes dans la proportion convenable.

Afin de se tenir au courant des progrès ou inventions concernant le service télégraphique, les commandants de parc ont libre accès dans les stations des télégraphes impériaux qui se trouvent dans les lieux de garnison. Il existe, en outre à Saint-Petersbourg, une compagnie galvanique, qui a pour but d'étudier tout ce qui concerne l'électricité, surtout dans ses applications à la télégraphie et aux mines.

Au moment d'une mobilisation, l'effectif est porté à six officiers, trente sous-officiers, seize télégraphistes, quatre mécaniciens, cent cinquante-deux soldats et quarante-sept non combattants (payeurs, conducteurs, commis, vétérinaires, ordonnances, etc.). Cet effectif est complété au moyen des réservistes qui ont déjà servi dans les parcs et, à défaut de ces derniers, à l'aide de réservistes désignés à cet effet et pris dans les corps d'infanterie.

723. Matériel. — Le matériel et le train des parcs sont toujours tenus au complet.

Chaque parc contient le matériel nécessaire pour établir 65 verstes (69,323 mètres) de ligne.

Le train d'un parc télégraphique se compose de vingt-deux voitures, dont quatre voitures stations, deux voitures pour la caisse, les vivres et les bagages, et seize voitures pour le matériel et les outils.

L'effectif en chevaux est de cent trente environ.

Appareils optiques. — Dans leurs dernières expéditions en Asie, les Russes se sont servis d'héliographes de différentes grandeurs pour leurs communications télégraphiques. Les types adoptés sont les suivants :

1° *L'appareil de campagne*, dont le miroir a un diamètre compris entre 11 et 33 centimètres et qui permet de communiquer jusqu'à 40 kilomètres environ ;

2° *L'appareil de cavalerie*, dont le miroir a un diamètre de 9 centimètres et dont le faisceau lumineux est visible jusqu'à 25 kilomètres environ ;

3° *L'appareil de forteresse*, dont le miroir a 25 centimètres de diamètre et qui peut servir jusqu'à 50 kilomètres environ.

Comme sources lumineuses, les Russes ont utilisé la lampe à pétrole, la lumière Drummond, la lumière solaire et même parfois la lumière de la lune, lorsque

celle-ci se trouvait à plus de 30° au-dessus de l'horizon.

Les Russes n'ont pas été très satisfaits de l'héliographe, bien que cet appareil leur ait rendu de grands services, et en ce moment ils font des expériences minutieuses et suivies avec des appareils téléscopiques du genre de celui du colonel Mangin.

Cependant, à partir du 1^{er} janvier 1883, il a été créé, auprès du demi-bataillon de sapeurs du Turkestan, un détachement

d'héliographistes et de télégraphistes comprenant deux officiers, deux sous-officiers et dix-huit soldats. Les hommes seront exercés à l'équitation. En outre, un détachement de même effectif, tiré de l'ensemble des troupes de la circonscription militaire, sera détaché auprès de ce demi-bataillon pour y être exercé dans le maniement des appareils d'héliographie et de télégraphie ; il sera remplacé par un autre, une fois son instruction terminée.

SCIENCES APPLIQUÉES A L'ART MILITAIRE

TROISIÈME PARTIE

LES PIGEONS VOYAGEURS

GÉNÉRALITÉS

724. Nous avons vu dans la *Guerre de siège* que, pour entretenir des communications entre les places assiégées et le reste du pays, un des moyens les plus simples et les plus certains est l'emploi de pigeons voyageurs.

Avant notre malheureuse guerre de 1870-71, rien n'avait été prévu pour mettre les villes investies en mesure de donner ou de recevoir des nouvelles, et c'est seulement pendant le siège de Paris que l'on songea à employer les ballons et les pigeons voyageurs dans ce but. Mais si les ballons peuvent sortir d'un endroit quelconque, on n'est pas toujours sûr de pouvoir les y faire rentrer. D'un autre côté, ce moyen est fort dispendieux, ne peut se renouveler fréquemment et laisse une grande part aux éventualités fâcheuses.

Avec les pigeons, au contraire, il est aussi facile de faire connaître dans la place ce qui se passe à l'extérieur, que de donner des nouvelles de celle-ci au reste du pays.

Ce moyen simple, facile, peu coûteux, doit donc être organisé avec le plus grand soin dès le temps de paix, pour qu'il puisse donner les résultats les plus complets au moment du besoin. En effet, l'exemple du siège de Paris, pendant lequel on a dû improviser ce service, a prouvé que, dans les guerres de notre époque, il ne faut rien laisser au hasard de ce qui peut être prévu, et qu'il ne faut négliger d'appliquer, en les préparant convenablement, aucun des éléments qui peuvent concourir au succès des opérations.

Qui ne se rappelle avec quelle anxiété on attendait aussi bien à Paris qu'en province, l'arrivée de ces messagers, que l'on fut obligé d'économiser, parce qu'on n'en possédait qu'un nombre insuffisant? Aussi l'expérience n'a pas été perdue, et dans la plupart des grandes puissances, on a établi des colombiers militaires où sont élevés et dressés les pigeons dont on prévoit avoir besoin en cas de guerre.

Cette application, jusqu'alors fort négli-

gée, exige une pratique intelligente et soutenue, pour qu'au moment du besoin elle puisse fonctionner sans aucun mécompte.

Il est certain que, en temps de paix, avec le service des postes et des télégraphes, l'emploi des pigeons voyageurs n'a pas sa raison d'être en Europe, et qu'ils ne rendront réellement des services qu'en temps de guerre, ce qui explique jusqu'à un certain point qu'on ait négligé ce moyen de communication dont on ne pensait pas d'ailleurs avoir besoin en aucun cas.

Mais l'étude des pigeons-messagers présente des difficultés d'autant plus grandes qu'elle repose uniquement sur

des faits d'observation, sur l'instinct de ces animaux, et c'est de ces éléments qu'il faut déduire les théories pouvant conduire à la pratique.

Nous sommes donc amenés à examiner la question dans l'ordre suivant :

1° Propriétés et instincts sur lesquels repose l'emploi des pigeons comme messagers ; 2° données historiques et faits d'observation ; 3° conséquences en résultant pour le dressage et l'élevage des pigeons ; 4° races les meilleures ; 5° organisation du service au point de vue militaire ; 6° état de la question dans les principaux États européens ; 7° obstacles à l'emploi et mesures de précautions.

CHAPITRE PREMIER

PROPRIÉTÉS ET APTITUDES SPÉCIALES

725. Causes générales. — On connaissait dans l'antiquité la plus reculée la propriété qu'ont les pigeons de retrouver leur colombier après en avoir été séparés, et on a cherché à utiliser cette aptitude pour donner ou obtenir communication de nouvelles.

L'attachement des pigeons au domicile conjugal est en effet proverbial, et c'est pour cette raison que les naturalistes ont donné aux oiseaux de cette espèce le nom significatif de *sponsores*, c'est-à-dire époux, parce que ces oiseaux sont monogames, et qu'au lieu de se quitter après chaque couvée, comme la plupart des autres passereaux, le mâle et la femelle restent attachés l'un à l'autre et ne se quittent plus qu'à la mort.

Quelles sont donc les aptitudes particulières qui permettent aux pigeons de se guider dans leurs longues pérégrinations, pour rentrer au colombier dont ils sont séparés ? On ne peut trouver à cette question ni réponse précise ni solutions satisfaisantes ; on en est réduit à des hypothèses que nous allons examiner sommairement.

726. Instinct. — L'instinct de l'orientation n'est pas particulier au pigeon. Le renne aussi se dirige à travers les plaines de la Laponie couvertes de neige, dont il ne peut pourtant embrasser à la vue une aussi grande étendue que le pigeon. De même, on cite plusieurs exemples de chiens qui, après avoir été transportés en chemin de fer, sont revenus

trouver leurs maîtres à plus de 400 kilomètres, et n'ont pu ainsi être guidés par l'odorat. On a même essayé d'utiliser cet instinct de chiens pendant le siège de Paris. Un ballon, parti de cette ville le 13 janvier 1871, descendit à Saint-Avit (Gironde), cinq chiens de berger qu'on voulait utiliser comme porteurs de dépêches. On leur fit faire des colliers exprès, entre les cuirs desquels on inséra les dépêches, puis on lâcha ces chiens sur Paris, où on ne les a jamais revus. Il peut se faire d'ailleurs qu'ils aient été arrêtés par les Allemands, et que, en temps ordinaire, ils seraient revenus à leur point de départ. En tout cas, cet essai malheureux n'est pas fait pour tenter d'avoir recours à ce moyen en cas de besoin.

Il faut d'ailleurs remarquer que, même pour les pigeons, cet instinct n'est pas infailible, puisque nombre d'entre eux ne sont pas rentrés au colombier, et qu'il n'atteint pas naturellement un degré bien élevé, puisqu'il faut le développer par l'éducation. Le mot d'instinct, vide de sens, n'explique donc rien, à moins de signifier que la nature lui a donné une aptitude spéciale qui lui est propre.

727. Vue. — On a cherché aussi à expliquer cette aptitude par la vue extraordinaire dont le pigeon est doué. Mais lors même qu'il s'élèverait à 5 000 mètres, plus que la hauteur du mont Blanc, on admettra bien qu'il ne pourrait embrasser ainsi une étendue de 100 lieues, et en général le pigeon ne plane jamais dans son vol à plus de 600 ou 700 mètres au-dessus du sol. En outre, le temps n'est pas toujours bien clair et le ciel bien pur, de sorte que l'horizon est forcément limité à la vue dans la plupart des cas par des obstacles sérieux.

Évidemment la vue joue un grand rôle, car les pigeons les mieux dressés ne peuvent retrouver leur colombier, même à courte distance, lorsqu'ils ont les yeux bandés. De même les pigeons lâchés pendant la nuit ne rejoignent que le

matin. Mais on ne pourra jamais admettre que la vue seule a suffi pour faire retrouver leur chemin à des pigeons éloignés de 1 200 kilomètres de leur colombier.

Il resterait dans tous les cas à expliquer le fait que des pigeons qui ont parcouru de longs trajets en wagon fermé peuvent quand même s'orienter.

On a pu constater aussi que des pigeons lâchés d'un ballon très élevé commencent par se laisser tomber comme sans vie, jusqu'à ce qu'ils aient pu distinguer les accidents du sol, et qu'ils cherchent leur direction seulement alors. En revanche, les pigeons lâchés de terres s'élèvent d'abord à une certaine hauteur et tournent quelques instants avant de prendre leur vol dans la bonne direction.

728. Sensibilité. — Le sens du tact est également poussé chez le pigeon à une extrême limite comme chez tous les autres oiseaux; c'est à l'aide de ce sens qu'on cherche à expliquer comment des pigeons, qui n'ont pas vu le chemin parcouru, peuvent le retrouver parce qu'ils l'ont senti. Cette sensibilité, dont nous ne pouvons nous faire une idée, leur permet de se guider d'après les différences de densité des diverses couches de l'air qu'ils traversent. Il suffit, pour ne pas se contenter de cette théorie, de songer que la température, qui joue un grand rôle pour indiquer la direction à suivre, peut avoir changé aux deux points extrêmes et dans le parcours.

729. Mémoire. — Ceux qui s'appuient sur la mémoire prétendent que cette faculté est si extraordinaire chez le pigeon, qu'il reconnaît les moindres objets qu'il a aperçus à la surface du sol, et que jointe à une vue perçante, cette faculté lui permet de trouver des points de repère dans les pays traversés. En admettant la mémoire pour le cas général, il est absolument certain que cette faculté ne peut s'appliquer à des voyages de 60 à 80 lieues. Dans tous les cas, elle ne peut seule, ni jointe à la vue, guider dans leur

vol de retour au colombier des pigeons qui ont été transportés loin de celui-ci dans des paniers et des wagons fermés.

On a constaté, il est vrai, que des pigeons séparés de leur colombier depuis six semaines y retournaient sans hésitation. Mais il aurait peut-être été bon de faire des expériences pour une séparation encore plus longue.

730. Électricité. — L'électricité atmosphérique agit évidemment sur le pigeon, mais il est impossible d'expliquer l'orientation par l'influence seule de cet agent, car bien des influences et d'autres agents peuvent modifier les conditions de l'atmosphère et de l'électricité qu'elle contient.

731. Résumé. — Nous n'entrerons pas davantage dans l'examen de diverses autres hypothèses ne reposant sur rien de probant. Il n'est d'ailleurs pas nécessaire de connaître les causes pour utiliser les effets, et sans chercher à expliquer celles-là, ne peut-on admettre que c'est la combinaison des diverses qualités indiquées plus haut qui fait que le pigeon est doué d'un sentiment particulier très développé qui l'attache au foyer domestique, et qui le lui fait retrouver avec une grande rapidité et à de grandes distances.

732. Vitesse. — Non seulement le

pigeon regagne son colombier; mais il accomplit son voyage avec une rapidité surprenante, ce qui est très précieux pour son utilisation comme messenger. Par un temps clair et favorable, on a vu des pigeons de cinq mois fournir une course de 300 kilomètres en quatre heures, c'est-à-dire 1 250 mètres par minute, mais ces sont là des résultats tout à fait exceptionnels, et qui ne sont obtenus qu'en perdant en route un certain nombre de pigeons.

Les vitesses habituelles sont en moyenne de 1 000 mètres à la minute, pour un trajet ne dépassant pas 500 à 600 kilomètres, et avec des oiseaux bien entraînés; généralement elles sont de 800 mètres par un temps clair, et de 600 mètres par un temps brumeux.

Nous indiquerons plus loin quelles sont les conditions qui peuvent influencer sur la marche des pigeons, et nous ferons remarquer en passant que la nature a favorisé ces volatiles d'une puissance de vol extraordinaire, pour compenser leur faiblesse et leur absence de tout moyen de défense. Mais grâce à cette rapidité, ils peuvent échapper facilement à leurs ennemis les plus redoutables.

Le tableau suivant indique la vitesse maxima atteinte par les pigeons dans les plus longs trajets que nous connaissons :

DATES	SOCIÉTÉS	TRAJET PARCOURU		DISTANCE	TEMPS	MOYENNE PAR MINUTE
		DE	A			
1854	<i>Colombe.</i>	Tours	Verviers.	630 k.	8 h. 22	1.250
1854	<i>Hirondelle.</i>	Paris	Dijon.	345	4 20	1.230
1855	<i>Saint-Esprit.</i>	Poitiers	Verviers.	600	8 22	1.195
1856	<i>Saint-Esprit.</i>	Châtellerault	Verviers.	645	8 07	1.325
1857	<i>Union et Progrès.</i>	Chateauroux	Bruxelles.	470	7 14	1.320
1857	<i>Colombe.</i>	La Réole	Verviers.	795	12 23	1.072
1860	<i>Hirondelle.</i>	Blois	Dijon.	405	4 46	1.020
1862	<i>La Concorde.</i>	Saint-Sébastien	Liège.	980	15 »	1.040

On peut voir que la vitesse est généralement plus grande quand la distance est plus courte.

On sait d'ailleurs que la distance de Versailles à Paris (18 kilomètres) était le plus souvent franchie en dix minutes

(1 800 mètres à la minute), par les pigeons porteurs des comptes rendus des séances des Chambres. Cette vitesse reste supérieure à celle des trains express pour un parcours qui ne dure pas plus de cinq heures. En dehors des aptitudes

particulières et de la distance, la vitesse du vol des pigeons dépend surtout de l'état atmosphérique et de la direction du vent. Avec un vent continu, la vitesse se réduit à 500 et 600 mètres et même à beaucoup moins dans certains cas; lorsque le vent est favorable, cette vitesse peut

atteindre 1 200 à 1 400 mètres par minute; par un temps calme et clair, la moyenne de cette vitesse varie entre 800 et 900 mètres.

Telles sont les propriétés remarquables sur lesquelles se fonde l'emploi des pigeons comme messagers, car leur vrai nom devrait être pigeons messagers.

CHAPITRE II

COUP D'ŒIL HISTORIQUE ET FAITS D'OBSERVATION

733. *Jusqu'au XVI^e siècle.* — Sans remonter jusqu'à la colombe de l'arche de Noë, (1) il est certain que les Grecs et les Romains savaient fort habilement les employer. D'après Homère plusieurs villes de la Grèce avaient des colombiers où l'on élevait un grand nombre de pigeons. D'autres auteurs affirment que l'on trouvait fréquemment chez les Romains des colombiers de 5 000 pigeons, dont certaines espèces se vendaient fort cher, de 40 à 200 francs la paire; on cite même le prix de 800 francs, mais comme un fait unique et scandaleux.

Les services que peuvent rendre les pigeons furent utilisés d'abord par les particuliers bien avant de l'être par l'État. Les marins de l'Égypte, de Chypre et de Crète s'en servaient pour annoncer leur retour à leur famille. On les employa avec succès en Syrie, où l'on rapporte qu'un pigeon parcourut en quarante-huit heures le trajet d'Alep à Babylone, qu'un bon piéton ne peut faire qu'en un mois. Au temps

d'Alexandre, des pigeons guidaient les caboteurs de l'Inde et de Ceylan.

Les Grecs les utilisaient pour faire parvenir rapidement les noms des vainqueurs aux jeux olympiques. Les Romains leur empruntèrent cet usage, d'abord en renvoyant de Rome à leurs maisons de campagnes les pigeons teints de la couleur victorieuse, ensuite en confiant des missives à ces oiseaux, pour faire savoir le résultat de telle course ou de telle lutte.

Dans les armées romaines, sous Justinien, un centurion du nom de Phosius, employait le pigeon (*Colomba*) pour éclairer sa marche, et c'était d'après le calme et la régularité du vol de cet oiseau qu'il lui était assuré qu'à l'endroit au-dessus duquel il planait, il n'y avait pas d'ennemis à redouter. (Du Puy de Podio.) Outre ce rôle d'éclaireur, qui paraît avoir été mis en pratique bien avant Justinien, les Romains leur firent remplir celui de messagers (*cursores*). Ainsi pendant le siège de Modène, Décimus Brutus envoyait aux consuls des lettres attachées aux pieds des pigeons, et réciproquement les consuls informaient Brutus de ce qui se passait au

Le verset 7 du psaume 55 se rapporte à l'emploi de la poste aux pigeons employée alors en Palestine.

moyen de dépêches qu'ils fixaient au cou de messagers semblables.

De même, Fabius Victor (220 ans avant J.-C.) rapporte que pendant le siège d'une ville romaine par les Liguriens, on apporta au commandant de la place une *hirondelle* ayant à la patte une ficelle à nœuds, pour faire connaître aux assiégés par le nombre de nœuds dans combien de jours ils seraient secourus et pour les avertir de faire une sortie en même temps.

La rapidité avec laquelle César accourait pour prévenir les insurrections gauloises fait supposer qu'il en était prévenu par des pigeons voyageurs.

Les Maures, en Espagne, savaient dresser des pigeons pour s'en servir comme messagers.

En Asie, on avait installé dès le VII^e siècle, une poste par pigeons à Mossoul, organisation qui dès le commencement du VIII^e siècle s'étendit à tout l'empire d'Asie et à l'Égypte. Les stations de pigeons étaient établies de distance en distance, dans des tours construites à cet effet. L'usage de pigeons messagers a d'ailleurs subsisté en Perse, en Arabie et dans d'autres contrées de l'Asie où le télégraphe est encore inconnu.

Le sultan Nouredin créa, en 1167, un service de poste par pigeons pour relier Bagdad à toutes les grandes villes de l'empire et de l'Égypte, mais cette organisation fut abandonnée à sa mort, du moins officiellement.

En 1179, la mode des pigeons devint si générale dans ces pays que ces oiseaux atteignirent des prix exagérés. Un des successeurs de Nouredin, le khalife Abassi-Ahmed-Allah, réorganisa la poste aux pigeons, mais l'invasion mongole la fit abandonner en 1258, sauf en Perse, en Syrie et en Égypte, où les grands seigneurs continuèrent à s'en servir pour leur usage particulier.

Nous ne retrouvons ensuite qu'à l'époque des Croisades trace de l'emploi de ces mes-

sagers ailés. « Pendant la première croisade, dit M. G. Tissandier, le sultan de Damas envoya aux assiégés de la ville de Tyr, un pigeon pour leur annoncer qu'une armée allait arriver à leur secours. Ce pigeon tomba entre les mains des croisés, qui enlevèrent le messager léger attaché à la patte de l'oiseau et le remplacèrent par un billet où ils faisaient dire au sultan de Damas que vaincu et terrassé, il lui était impossible de venir délivrer la ville assiégée. »

Dans cette même croisade, pendant le siège de Saint-Jean-d'Acre par Philippe-Auguste et Richard Cœur de Lion (1189-1191) le gouverneur de la place maintint ses relations avec le sultan Saladin au moyen de pigeons.

Au commencement du XIII^e siècle, l'amiral Dandolo assiégeant Candie, reçut de la place, par pigeons, d'importantes nouvelles, qui contribuèrent puissamment à sa prise.

En 1249, quand saint Louis débarqua à Damiette, les Sarrasins annoncèrent au Soudan par un triple envoi de pigeons, que le roi était arrivé.

734. Du XVI^e siècle à 1870. — Dans les temps modernes, les exemples à citer sont moins nombreux, mais presque tous se rapportent à des faits militaires et sont plus probants. Vers l'an 1500, les pachas faisaient un usage journalier de ces messages pour leurs relations avec la Sublime-Porte. Il suffit de lire les fables de La Fontaine pour s'en convaincre.

De tous temps, les armées impériales qui luttaient contre les infidèles dans le bassin du Danube les employèrent avec succès.

Le 11 décembre 1572, Frédéric de Tolède entreprit le siège de Harlem, que le prince d'Orange, malgré des efforts opiniâtres, ne put faire lever, mais il réussit, au moyen de pigeons voyageurs, à soutenir le courage des habitants éprouvés par d'horribles souffrances. Pour vaincre leur résistance, l'assiégeant leur

offrit une capitulation honorable qu'il viola indignement, en faisant périr une partie de ces malheureux.

Au siège de Leyde, en 1574, la ville investie étroitement était réduite à la plus affreuse famine et en outre décimée par la peste. Les habitants allaient se révolter et forcer le gouverneur à capituler, lorsque celui-ci leur donna connaissance d'une dépêche que venait d'apporter un pigeon, annonçant que les inondations avaient été tendues et qu'une flottille de bateaux plats s'approchait de Leyde pour la ravitailler. Bientôt en effet le camp ennemi fut submergé, et l'arrivée de la flottille, montée par huit cents matelots et armée de cent canons, força l'assiégeant à lever le siège.

A la fin du siècle dernier, des services de transmission rapide des dépêches étaient organisés par des particuliers entre Paris-Londres, Paris-Anvers et même Paris-Leipzig.

Le genre d'applications très varié des services que l'on a su tirer des pigeons est d'ailleurs remarquable. Ainsi en 1770, on songea à utiliser ce moyen pour se faire transmettre les numéros gagnants des loteries, mais cette idée ne fut réellement mise à profit qu'un peu plus tard et se continua jusqu'en 1832.

On prétend à ce point de vue, que la maison Rotschild doit l'origine de sa fortune aux pigeons messagers, au moyen desquels elle put savoir, trois jours avant le gouvernement anglais, le résultat de la bataille de Waterloo. Elle acheta immédiatement des quantités énormes de rentes à bas prix, qu'elle revendit peu après avec de gros bénéfices.

Au siège d'Anvers, en 1832, on utilisa les services des pigeons et on n'eut qu'à s'en louer.

De même, en 1849, les Vénitiens se servirent de pigeons de la place Saint-Marc pour correspondre avec le reste de l'Italie.

En Angleterre et en Allemagne, l'emploi des pigeons pour la sécurité de la navigation est pratiquée avec succès depuis

quelques années. Les navires en pleine mer, n'étant plus en communication avec le continent, ne peuvent en cas d'accident imprévu, employer que des moyens reconnus insuffisants, même en vue des côtes, tels que : canons d'alarme, fusées, signaux optiques, etc. Diverses expériences ont prouvé que des pigeons lâchés en mer regagnent directement leur colombier, même à plusieurs centaines de kilomètres, pourvu que le parcours puisse s'effectuer avant la nuit. En Espagne, on a songé à utiliser les pigeons pour empêcher la contrebande sur les côtes fort nombreuses dans ce pays.

En Angleterre, spécialement à Londres, la presse quotidienne a trouvé un moyen original d'appliquer les services de ces messagers. Des reporters zélés, toujours à l'affût des nouvelles, rédigent leurs dépêches de la manière la plus concise et la plus rapide, puis les transmettent par des pigeons qu'ils emportent avec eux. On sait que pendant que les chambres françaises siégeaient à Versailles, ce moyen était employé par la plupart des grands journaux parisiens, qui pouvaient ainsi être renseignés plus facilement que par le télégraphe.

On connaît également l'importance qu'a pris le sport aux pigeons, surtout en Angleterre, en Belgique et en France. La Belgique à elle seule compte un millier de sociétés colombophiles, qui organisent plus de quinze cents lâchers par an et distribuent 900,000 francs de prix.

Comme on peut le voir, le sport, la spéculation ou certains services publics avaient su tirer parti des pigeons voyageurs, sans que l'attention des militaires fut attirée sur ce moyen de communication, pourtant utilisé par leurs aînés dans diverses circonstances. Il a fallu l'exemple du siège de Paris pour faire apprécier le parti que l'on peut en tirer à la guerre malgré le télégraphe, et c'est à ce titre que nous allons entrer dans quelques détails sur ce sujet.

735. Siège de Paris en 1870. — On ne se rendit pas compte tout d'abord des services que pouvaient rendre ces utiles messagers ; au contraire, l'administration ne fit rien pour l'organiser, malgré les propositions qui lui furent faites en temps utile. Donc si le service des pigeons fonctionna assez tard et assez mal, la faute n'en saurait être imputée aux amateurs. En effet, d'après un journal anglais, dès le 2 septembre, un des éleveurs belges des plus compétents, M. La Perre de Roo, proposa au ministre de la guerre, pour le cas où la capitale serait investie, d'employer des pigeons pour communiquer avec la province. Sa lettre resta sans réponse. Un peu plus tard, quand les armées allemandes étaient presque devant Paris, la société l'*Espérance* fit des démarches auprès du gouvernement pour offrir ses pigeons et diriger le service. M. Cassiers, président de cette société, obtint une audience du ministre et fut reçu par un aide de camp, qui lui annonça en riant que l'on avait reçu déjà soixante-deux propositions de ce genre et que c'était plus que suffisant.

Il est vrai que l'on considérait alors comme impossible l'investissement complet de Paris, qui pourtant fut effectué peu après. Il fallut bien alors avoir recours aux pigeons pour mettre la capitale en communication avec le reste de la France. Il ne manquait pas de ces oiseaux provenant des colombiers de Paris, mais ils ne pouvaient servir pour donner des nouvelles à la Province, et encore il y en avait fort peu d'entraînés.

Il y en avait heureusement un certain nombre appartenant à des sociétés colombophiles, surtout à la société belge l'*Espérance*, qui permirent de correspondre uniquement dans la direction de la Belgique. Ces oiseaux étaient ordinairement mis en liberté au Jardin des Plantes, et revenaient en deux heures à leurs colombiers de Tourcoing ou de Roubaix, d'où le préfet du Nord et le président de la Chambre de

commerce de Lille avaient eu l'heureuse idée d'en envoyer neuf cents à Paris quelques jours avant le 18 septembre 1870.

On se demandait comment on pourrait employer le même moyen pour recevoir des nouvelles de l'extérieur, puisqu'il n'y avait pas en province de pigeons ayant leur colombier à Paris, quand M. Rampont eut l'excellente inspiration d'expédier en province un certain nombre de ces oiseaux en ballon. Le 25 septembre 1870, le ballon *la Ville-de-Florence* emportait trois pigeons et 308 kilogrammes de dépêches. Le même jour, à 5 heures du soir, deux des pigeons rentraient, l'un d'eux portant une dépêche annonçant l'heureuse descente des aéronautes à Vernouillet, près de Triel. Ce résultat causa une émotion que l'on peut concevoir, et l'on peut donc attribuer l'honneur des résultats obtenus à l'heureuse initiative de M. Rampont, bien que d'autres personnes veuillent aujourd'hui revendiquer le mérite d'avoir créé le service des pigeons messagers.

A la suite de ce premier succès, chaque ballon quittant Paris emportait des pigeons, dont quelques-uns seulement revinrent au logis après avoir été mis en liberté. Du 23 septembre au 28 janvier, environ trois cent soixante pigeons furent ainsi envoyés en province et trois cent deux furent renvoyés à Paris, où ne rentrèrent que cinquante-sept de ces oiseaux suivant les uns, et soixante-treize d'après les autres. Comme plusieurs pigeons firent jusqu'à trois fois le voyage, on peut dire qu'en réalité il n'y eut guère que vingt de ces messagers qui aient rempli le but voulu.

Voici d'ailleurs le nombre des pigeons lâchés sur Paris et rentrés chaque mois.

Septembre et octobre	105 lâchés	22 revenus
Novembre	83 —	17 —
Décembre	49 —	12 —
Janvier	43 —	3 —
Février	22 —	3 —
	302	57

On voit que les retours étaient d'autant plus rares que la saison était plus mauvaise. On peut ainsi expliquer le non retour des pigeons par plusieurs raisons. Les lâchers incertains, le froid excessif, l'atmosphère brumeuse, la terre couverte de neige, le défaut d'entraînement rendaient très difficiles les conditions de leur rentrée au colombier.

On peut ramener aux causes suivantes la disparition des pigeons non rentrés :

1° Les uns ont été dévorés par les oiseaux de proie ;

2° Un certain nombre ont été atteints par des balles prussiennes, comme celui qui rentra le 28 décembre, sans dépêche et ayant perdu trois plumes de la queue. Auparavant on avait constaté que le pigeon qui, le 6 décembre, avait apporté la nouvelle de la prise d'Orléans, était ensanglanté ;

3° D'autres se sont égarés. La dépêche 26, portée par un pigeon lâché le 18 novembre, n'est arrivé à Paris que le 6 février 1871, le lendemain de l'arrivée de la dépêche 51 ;

4° Quelques-uns ont été capturés par les Allemands, comme ceux du *Daguerre*. Ceux-ci en profitèrent pour envoyer à Paris une fausse dépêche, dont l'origine, trop facilement reconnaissable, ne pouvait tromper personne.

Du 12 au 18 novembre, MM. Cassiers, van Roosebecke, Nobécourt (ce dernier fut pris) Traclet et Thomas sortirent de Paris pour lancer les messagers ailés en province. Une locomotive blindée, trainant un seul wagon, blindé également, les amenait le plus près possible des lignes ennemies ; ils lançaient leurs pigeons, puis le train rebroussait chemin à toute vapeur. On fut obligé d'avoir recours à ce procédé pendant cette période, parce que la terre étant couverte de neige on espérait mieux permettre aux pigeons de retrouver leur direction.

734. Jusqu'au 4 novembre 1870, la correspondance par pigeons ne fut qu'of-

ficielle, mais à cette date un décret autorisa la correspondance privée, à raison de 50 centimes, puis de 20 centimes par mot, chaque dépêche ne pouvant contenir que vingt mots au plus.

Au début, les dépêches étaient exécutées à la main sur du papier très fin, puis vinrent les réductions photographiques, et enfin la méthode de réduction photo-microscopique, qui était une application des découvertes de M. Barreswill. Ce procédé consistait à centraliser tous les télégrammes à transmettre, à les condenser une première fois en les typographiant, de façon à former comme les colonnes d'un grand journal, à les photographier ensuite à une échelle très petite et à envoyer les pellicules photo-microscopiques par pigeons. Bien que réduit à des dimensions minimales, ce journal télégraphique photographié arrivait à Paris en caractères très nets dont la lecture n'exigeait que l'emploi d'une forte loupe.

Les pellicules étaient insérées pour les préserver des coups de bec de l'oiseau, dans des tuyaux de plume d'oie et fixées à l'une des plumes de la queue du pigeon sans que celui-ci en fut incommodé. L'aile du pigeon était en outre marquée de plusieurs timbres indiquant : le premier le nombre de messagers expédiés ; le second, un numéro de série, et le troisième le nombre des pigeons restant aux colombiers.

Voici, d'après le colonel Hennebert, quelques détails sur l'organisation de ce service :

« Le service avait été organisé à Tours par MM. Dagron et Fernique (M. Hennebert a oublié M. Poisot, beau-frère de M. Fernique, qui sortit avec eux de Paris le 12 novembre). Là, on réduisait le journal photographique à un petit cliché mesurant à peu près en superficie le quart d'une carte à jouer. L'épreuve était ensuite tirée sur une feuille de collodion fort mince et du poids de quelques centigrammes. MM. Dagron et Fernique ont

ainsi reproduit 470 pages typographiées. La réduction s'effectuait au $\frac{1}{800^e}$. Chaque page comportait près de 25,000 lettres, soit environ 200 dépêches. Un ensemble de 16 pages tenait sur une pellicule de 0^m,03 sur 0^m,05, et ne pesait guère qu'un demi-décigramme.

« Un pigeon emportait une vingtaine de pellicules, dont le poids ne s'élevait pas à un gramme. L'ensemble de ces dépêches correspondait à 800,000 lettres ou chiffres représentant à peu près la matière d'un volume in-12. 150,000 dépêches officielles et un million de dépêches privées ou de mandats-poste photo-microscopiques ont été ainsi expédiés à Paris. Imprimées en caractères ordinaires, ces dépêches formeraient une bibliothèque de plus de 500 volumes. Tout cela apporté par des oiseaux !

« La dépêche arrivée par pigeon était placée sous le porte-objet d'un microscope photo-électrique, sorte de lanterne magique d'une grande puissance. L'image de la dépêche se projetait sur un écran, mais amplifié à ce point qu'on pouvait en déchiffrer à l'œil nu tous les caractères. » Il restait simplement alors à faire prendre copie des dépêches.

L'inventeur seul possède le secret de la composition de la pellicule, laquelle ressemble beaucoup au vernis collodionné qui entre dans presque toutes les préparations photographiques, et à certains papiers chimiques transparents, de l'aspect de la pelure d'oignon. La fixité de la reproduction photomicroscopique sur la substance pelliculaire constitue le complément de la découverte. Cette pellicule, dont la légèreté était extrême, présentait en outre l'avantage de n'exiger

qu'une pose de deux secondes, tandis qu'avec du papier il aurait fallu plus de deux heures en cette saison.

On peut donc dire que l'ensemble du procédé photo-microscopique a résolu un point très important de la correspondance par pigeon et qu'il a fait faire un pas immense à la question.

Les pigeons messagers avaient donc rendu de réels services pendant le siège de Paris, entre autres celui d'apporter de temps en temps quelque soulagement aux angoisses des Parisiens, en leur donnant des nouvelles du pays en province et de leurs parents ou amis. Aussi est-ce le rôle considérable qu'ils ont joué pendant ce siège qui a motivé l'organisation officielle de ce service en France et dans d'autres pays.

Cependant ce genre de service ne fut pas apprécié immédiatement, car le gouverneur français le supprima dès le 1^{er} février 1871, et il poussa même l'ingratitude jusqu'à faire vendre les pigeons aux enchères. Pour les protéger contre la malveillance, un décret du 23 janvier 1871 prescrivait d'infliger un an de prison à toute personne qui tuerait un pigeon. Le décret venait un peu tard, et en outre, il ne pouvait pas s'adresser à ceux qui avaient le plus intérêt à supprimer ces oiseaux.

Nous n'avons pas eu connaissance que, dans les guerres qui se sont produites depuis 1871, on ait employé des pigeons comme messagers. Pourtant les occasions n'auraient pas manqué à cet effet, surtout à Plewna, où l'armée d'Osman Pacha investie aurait pu ainsi faire connaître sa situation.

CHAPITRE III

ÉDUCATION DES PIGEONS

736. Nous avons vu que d'autres oiseaux, l'hirondelle, par exemple, possèdent les facultés des pigeons pour retrouver leur nid, mais si l'on a choisi le pigeon comme messenger, c'est qu'on est parvenu à le domestiquer.

737. Elevage. — L'élevage des pigeons nés dans le colombier est très simple ; quant à ceux qui viennent du dehors, il est impossible, s'ils sont âgés de plus de trente-cinq jours, car alors ils sont habitués à leur ancien colombier, ou ils risquent de s'égarer en voulant s'éloigner trop de leur nouveau en raison de la force de leurs ailes. S'ils ont moins de trente jours, les pigeons ne peuvent se nourrir eux-mêmes, mais l'élevage est possible à la condition de les nourrir jusqu'à cet âge.

En principe, pour peupler un nouveau colombier ou pour des pigeons venant du dehors, il ne faut donc prendre que des pigeons de trente à trente-cinq jours. Chaque lot, qui se compose généralement de trois à cinq douzaines de pigeons, devra être l'objet d'une surveillance particulière pendant deux ou trois jours, en s'assurant s'ils mangent et boivent. Quand on aura constaté que certains d'entre eux ne se sont pas approchés de la fontaine, on trempe successivement le bec de ces retardataires dans l'abreuvoir ; si le pigeon a soif, il boit, et l'on n'a plus à s'occuper de lui, car dès lors, il retournera de lui-même s'alimenter. Sinon, on examinera si l'animal n'est pas

malade, auquel cas on n'hésitera pas à le sacrifier, s'il est atteint de maladie contagieuse.

Après trois ou quatre jours de séjour dans le nouveau colombier, on pourra entreprendre d'*aduire* les jeunes pigeons, c'est-à-dire de les exercer à voler autour de ce colombier sans s'égarer. Voici comment il faut procéder pour faire réussir cette opération.

Les portes seront ouvertes pour la première fois vers trois heures de l'après-midi, en laissant les pigeons libres de sortir ou de rentrer, sans jamais les forcer à sortir, car on risquerait de les effrayer et de les perdre. Il est rare d'ailleurs qu'ils ne sortent pas d'eux-mêmes dès le deuxième jour. Pour le troisième jour, on ouvre la cage à midi et dans la matinée pour le quatrième, après quoi on la laissera ouverte dès le matin pendant tout l'été. Au début, les pigeons se bornent à gagner le toit, puis, peu à peu, ils commencent à voler autour du pigeonnier et à rentrer d'eux-mêmes. Les premières fois qu'on leur ouvre la cage, il faut veiller à ce qu'il ne se passe dans le voisinage rien qui puisse les effrayer (coups de fusil, bruit anormal, etc.), sinon ils pourraient ne plus revenir. Lorsqu'ils connaissent les abords de leur pigeonnier, l'inconvénient n'existe plus.

L'aduction se fait en huit ou dix jours pour les jeunes pigeons. Pour les pigeons introduits dans un colombier après l'âge de trente-cinq jours, il faudrait attendre

au moins huit jours pour les en laisser sortir. Les premières fois, on ne leur ouvre la cage que vers quatre heures du soir, mais, malgré toutes les précautions, ces pigeons ne rentrent pas, parce qu'ils volent trop loin du colombier pour pouvoir le retrouver, ou qu'ils s'égarent en cherchant à revenir à leur pigeonnier d'origine. Il faut donc faire en sorte de n'avoir pas besoin de recourir à des pigeons de cet âge pour repeupler un colombier.

On n'a à introduire des vieux pigeons que pour la reproduction, et alors il faut les enfermer dans un compartiment spécial, sinon ils s'échapperaient. Si on est obligé de les laisser avec les pigeons libres, il faut les mettre dans l'impossibilité de voler pendant toute la saison, en coupant de 4 à 5 centimètres la barbe des plumes de l'une des ailes. L'année suivante, bien que les plumes soient repoussées, les vieux pigeons sont en général habitués et ne cherchent plus à quitter leur dernier colombier.

738. Entraînement. — D'une façon générale, comme nous l'avons indiqué déjà, les pigeons destinés à servir de messagers possèdent des facultés naturelles remarquables pour ce rôle, et il est facile de compléter leur éducation. Celle-ci consiste à développer le sens de l'orientation, la faculté de la mémoire et la puissance du vol. En un mot, il faut les dresser au genre de service auquel on les destine, et les résultats sont rapides et faciles, car les élèves sont intelligents.

Après être adultes, on abandonne les jeunes pigeons à eux-mêmes pendant six semaines environ sans cesser de les surveiller, afin de s'assurer de leur état de santé. Le colombier, en été, est ouvert dès six ou sept heures du matin et fermé à la chute du jour. On le ferme également de midi à deux heures sur les oiseaux qui sont venus y prendre leur repas. Il faut veiller à ce que les mangeoires et les abreuvoirs soient toujours garnis, et que

le colombier soit tenu dans le plus grand état de propreté.

Dans cette période, les pigeons ne tardent pas à voler à des distances de plus en plus grandes du colombier, et à faire des évolutions qui développent leurs facultés. On devra au besoin stimuler les paresseux, au moyen d'une espèce d'épouvantail que l'on agite à leurs yeux d'une lucarne voisine, mais au plus deux fois par jour.

Après le dressage préalable indiqué ci-dessus, on commence l'entraînement réel des pigeons à l'âge de trois mois et demi à quatre mois. Cet entraînement peut être normal ou hâtif. Le point le plus important pour les pigeons militaires est le retour au colombier ; la rapidité et la durée du vol, la faculté de résistance aux influences atmosphériques ne viennent qu'ensuite.

Pour l'*entraînement normal*, on transporte les pigeons à des distances de leur colombier qui sont graduées suivant une progression dont la loi peut être définie ainsi : l'endroit d'où seront lâchés les pigeons pour la première fois ne sera qu'à 10 kilomètres du colombier ; la deuxième étape sera double de la première, la troisième sera le total des deux premières, et ainsi de suite en additionnant la distance des deux dernières étapes pour obtenir la suivante. Cette règle ne doit pas être prise dans un sens absolu mais simplement comme une indication facile à retenir. On trouve ainsi les chiffres 10, 20, 30, 50, 80, 130, 210, 340, 550, 890 kilomètres pour dix étapes. Les étapes sont choisies de préférence sur les voies ferrées et aux distances qui se rapprochent le plus de celles indiquées.

Dans les premières séances d'entraînement, on s'occupe de faire connaître aux pigeons la contrée qu'ils auront à traverser. Les pigeons de première année ne devront faire que les étapes allant jusqu'à 340 kilomètres ; les pigeons de deux ans ou même de trois ans au moins

parcourront les trois dernières. Celle de 890 kilomètres ne doit être atteinte que rarement, qu'il s'agisse de vieux ou de jeunes pigeons, car elle exigerait un vol d'une durée de neuf heures, et il est rare qu'on ait à leur faire franchir plus de 700 kilomètres en cas de guerre.

Chacune des étapes n'est pas franchie le lendemain de la précédente, mais il faut laisser aux pigeons le temps de se reposer et de retrouver le bien-être qui les attache au colombier. Pour les distances ne dépassant pas 100 kilomètres, un ou deux jours de repos suffisent, mais au delà il faut leur accorder quatre, cinq et même sept jours de repos entre chaque étape.

L'*entraînement hâtif* commence pour les pigeons à un âge plus tendre que pour l'entraînement normal, mais jamais avant l'âge de deux mois et demi. En raison de leur grande jeunesse, les étapes primitives sont réduites à 500 mètres 1, 3, 5 et 10 kilomètres, puis la série indiquée plus haut, en intercalant au besoin de nouvelles étapes, pour de faibles sujets qui n'auront pas atteint tout leur développement.

739. Pigeons civils pour les concours. — Les pigeons élevés pour les concours ont des trajets plus longs à franchir que ceux des colombiers militaires. Les entraînements pour ces grands trajets se font de la même manière que pour les petits, mais avec cette restriction que les pigeons soumis à ce genre d'épreuve sont choisis, complètement développés, âgés de trois ans au moins et parfaitement exercés à trouver leur nourriture en route, car il leur arrive souvent de ne pouvoir rentrer le jour même du lâcher, et par suite il faut qu'ils puissent reprendre des forces, pour être en état de retrouver leur direction.

Toutefois les pigeons même de la meilleure race ne pourraient pas faire plusieurs fois en une saison le trajet de Bayonne (700 kil.), d'Auch (600 kil.) ou

de Marseille (700 kil.) à Paris. Ces voyages de longue haleine épuisent les forces de l'oiseau le plus vigoureux.

On a pu aussi, exceptionnellement, entraîner des pigeons de cinq à six mois de manière à faire les 650 kilomètres qui séparent Agen de Paris, dans un temps plus ou moins long, mais combien a-t-il fallu en sacrifier pour trouver ceux qui ont résisté aux fatigues de la route?

Il faut donc éviter ces cas.

740. Précautions et dispositions à prendre. — En principe, surtout les premières fois, il ne faut jamais lâcher les pigeons en les forçant à voyager avec le vent venant du point vers lequel ils doivent se diriger. De même, dans les entraînements, il ne faut pas les lâcher par une forte pluie et jamais en temps de neige ou de brouillard.

On ne peut éviter que les oiseaux rencontrent en route des difficultés ou des changements de température, cela ne peut que les aguerrir, mais il est indispensable de ne les lâcher que dans de bonnes conditions, parce que, une fois partis et la direction assurée, il n'y a plus guère à craindre, pour ceux qui sont vigoureux, que les chasseurs et les oiseaux de proie.

Pendant les entraînements, et tenant compte de l'inexpérience des pigeons, on fera les lâchers de cinq à huit heures du matin, pour qu'ils aient le temps de chercher leur direction, dont ils s'écartent souvent beaucoup au départ et de rentrer facilement le même jour.

741. Époques. — L'entraînement peut avoir lieu à toutes les époques de l'année, mais les résultats sont bien supérieurs en été. En outre, les pigeons produisent leurs meilleures couvées et élèvent leurs petits pendant les mois de février, mars et avril, et il convient, pour ne pas les dépiter et les décourager, de ne pas exiger d'eux des courses fréquemment répétées pendant cette période.

Il reste encore, pour les entraînements,

toute la belle saison comprise du mois de mai à la fin de septembre, pendant laquelle les journées sont longues, la température favorable, les difficultés moins grandes, sans compter que ces oiseaux peuvent au besoin trouver leur nourriture en route.

Mais, pour les pigeons militaires, que l'on peut être obligé de faire sortir par tous les temps, il faut prévoir les difficultés résultant de la mauvaise saison et les faire travailler aussi en hiver. D'ailleurs, les pigeons qui ont acquis de l'expérience, ne perdent pas le souvenir de leur colombier et savent le retrouver après de longs mois de séparation, même par la mauvaise saison. On a vu des pigeons retourner à leur colombier par un temps de neige après cinq mois d'exil, en parcourant en un jour et demi une distance

de 300 kilomètres ; mais ce sont là des exceptions. Il faut se borner, en hiver, quand le temps n'est pas trop mauvais, à faire voyager les pigeons entraînés à des distances raisonnables, lorsque la séparation du colombier n'est pas trop ancienne. Dans tous les cas, on évitera de les faire sortir les jours de tourmente, de tempête ou de grande pluie. On ne peut alors avoir recours qu'aux anciens pigeons qui ont plus d'expérience, et surtout sont dressés à chercher eux-mêmes leur nourriture s'ils viennent à s'égarer.

On peut donc affirmer que les communications entre des places distantes de 100 à 150 kilomètres peuvent être assurées en tout temps par ces messagers ailés.

742. Expédition et convoyage. — Les pigeons à transporter sont enfermés dans

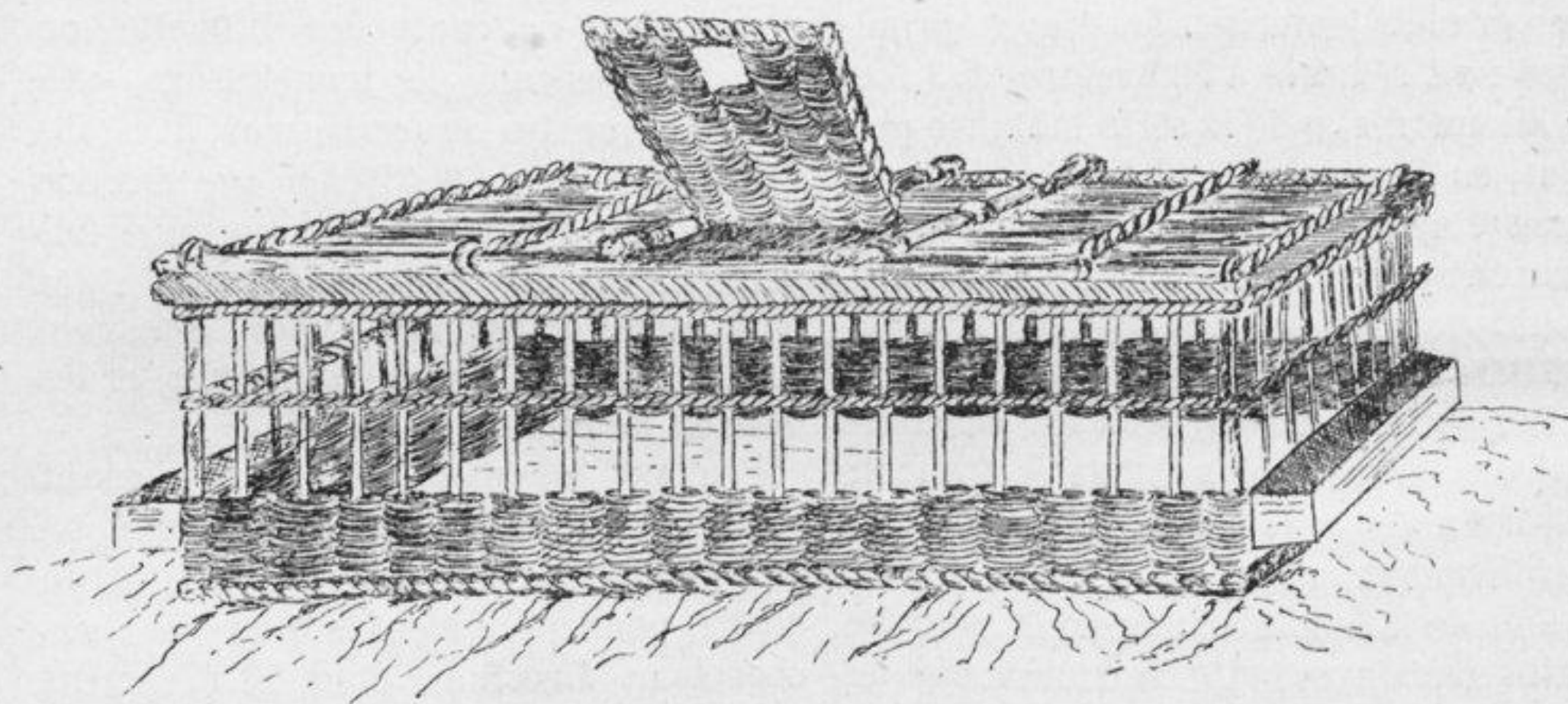


Fig. 367.

des paniers dont le couvercle est muni d'un guichet par lequel on les introduit un à un (Fig 367). Ces paniers sont organisés de telle façon que les oiseaux y aient à boire et à manger et s'y trouvent en parfait état de propreté. Ils sont naturellement fermés avec le plus grand soin.

Pour les étapes qui sont de moins de 60 kilomètres, les pigeons sont expédiés le

matin et lâchés le même jour. Pour les distances plus grandes, ils sont envoyés la veille au soir pour pouvoir être lâchés le lendemain matin entre cinq et huit heures, après avoir au besoin bu et mangé.

Le lâcher doit toujours avoir lieu sur un terrain découvert et libre d'obstacles où le panier doit être porté au préalable. Au moment voulu, on ouvre rapidement



Fig. 368.

jusqu'à terre le grand couvercle, et l'on s'éloigne de quelques pas pour ne pas effaroucher les pigeons, qui s'envolent aussitôt.

On pourrait s'entendre avec les chefs de gare pour les lâchers, mais il est préférable de faire accompagner ces oiseaux par une personne sûre, au courant des soins à leur donner et des précautions à prendre pour les diverses opérations.

Il est très important, lorsqu'on a à prendre les pigeons, de savoir les saisir sans leur briser les plumes des ailes, ce qui suffirait pour les rendre indisponibles pendant une année. Les colombophiles s'entendent à les prendre à la main, mais, pour les débutants, il est plus facile, et moins dangereux d'employer un filet dit *épuisette*, dont on coiffe rapidement l'oiseau, en prenant garde de ne pas faire tomber sur lui le fil de fer qui ferme l'ouverture de ce filet. On retire alors le pigeon en le tenant de manière à maintenir ses ailes jointes au corps sans trop les serrer, comme l'indique la figure 368. Le pigeon bien tenu ne se débat pas et se laisse facilement manier.

CHAPITRE IV

§ I. — RACES ET REPRODUCTIONS

743. Espèces. — On n'est pas bien fixé sur l'époque de l'introduction des pigeons voyageurs en Europe; on croit qu'ils ont été apportés assez tard par des marins hollandais.

Ces pigeons, provenant de Bagdad, reçurent le nom de Bagdadais. Ils furent l'origine de la race actuelle pour les croisements indiqués dans le tableau ci-après.

CROISEMENTS	PRODUIT DU CROISEMENT	OBSERVATIONS
Bagdadais et Bizet. Bagdadais et pigeon cravaté (turbita). Bagdadais et pigeon hirondelle (tubelaria). Carrier et Tummler. Tummler et Mowhen. Carrier et Mowhen.	Carrier anglais. Tummler. Mowhen. Anversois. Liégeois. Variété mixte.	Columba tuberculosa.

744. Caractères et formes. — *Le pigeon carrier* (mot anglais signifiant messenger) *anglais* n'est pas autre chose, suivant M. Zaborowski, que le messenger persan, aux facultés d'orientation et la puissance du vol remarquables. Il a le bec long et fort, un peu crochu à l'extrémité lorsqu'il se fait vieux, ses caroncules nasales sont très tuberculeuses et extrêmement développées dans les sujets de races : un large ruban de chair encadre ses yeux, dont l'iris est rouge comme le feu ; sa tête, qui est généralement déprimée, se détache d'un cou mince et long ; ses ailes ont une grande envergure, et il a les épaules prononcées comme dans les vautours. Il a été, sans aucun doute, un des éléments primitifs d'où est sorti le pigeon messenger belge. On suppose que celui-ci s'est formé par une série de croisements, d'abord avec le bizet, puis avec le pigeon cravaté (*colomba turbita*) qui, le plus répandu dans la province de Liège, a le bec très court, au contraire du persan, et les formes plus élégantes, enfin avec le pigeon volant ou pigeon hirondelle (*colomba-tubelaria*), qui tournoie dans les airs à de grandes hauteurs et a les formes sveltes et la taille petite. Quoi qu'il en soit, le pigeon belge diffère sensiblement par sa forme du messenger persan. Il se compose de trois variétés : la liégeoise, l'anversoise et la variété mixte ; mais qui tendent de plus en plus à se confondre.

745. « *Le pigeon liégeois*, dit M. La Perre de Roo, se distingue des autres types par ses formes mignonnes, par les plumes retroussées qui, en guise de jabot, ornent sa poitrine et lui donnent un cachet coquet et distingué. Il a le bec petit et très court, orné à sa base de caroncules blanches peu développées. Les yeux vifs et saillants sont encadrés d'un petit filet charnu blanc, et ils brillent comme des rubis. Sa tête est convexe comme dans tous les pigeons voyageurs belges, qui ont rarement la tête déprimée des pigeons carriers anglais. Il a le cou court et am-

plement garni de petites plumes longues et étroites à reflets métalliques ; ses ailes sont fort longues et reposent par leurs extrémités sur une queue étroite et resserrée, composée de douze plumes rectrices superposées de façon à ne laisser à la queue que la largeur d'une seule plume.

746. « *Le pigeon liégeois* jouit, en Belgique, d'une réputation justement méritée, et sous le rapport de l'élégance et des qualités instinctives, il n'a absolument rien à envier aux autres variétés,

747. « *Le pigeon voyageur anversoise* diffère principalement du pigeon liégeois par sa grande taille et par son bec qui est plus long. Les morilles de son bec sont aussi plus développées et plus tuberculeuses, ainsi que la membrane charnue qui entoure ses yeux ; sa large poitrine et la grande envergure de ses ailes, dont les rémiges s'étendent presque jusqu'à l'extrémité de sa queue, sont l'indice d'un vol puissant et continu. Ce pigeon se distingue particulièrement par sa résistance à la fatigue pendant les voyages de long cours. Sa tête convexe, large entre les deux yeux, se détache d'un cou vigoureux, complètement garni de plumes à reflets soyeux, et sa queue étroite lui donne le cachet du vrai pigeon volant des anciens. »

748. On peut encore partager les pigeons voyageurs en deux classes : ceux dont le coup d'aile est grand ou lourd (*Anversoise*) et ceux qui l'ont léger ou court (*Liégeois*). Les Allemands ont préféré les Anversoise, en raison de leur grande puissance de vol ; les Français ont recherché, pour les colombers militaires, les races qui ont des aptitudes spéciales pour l'orientation, comme le mowchen. Ceux-ci ont la tête peu allongée, les pieds courts, des yeux attentifs, la tête, le bec et souvent le jabot comme le Liégeois.

Le *Tumbler* a des ailes et des pattes musculeuses et, par suite, le vol long et rapide.

Les amateurs recherchent surtout les

pigeons qui ont la plus grande puissance de vol, comme le carrier, le tumbler, l'anversois.

Il faut une grande habitude et des yeux bien exercés pour reconnaître sûrement le degré de croisement des variétés. Il y a intérêt d'ailleurs à conserver les races aussi pures que possible, sans chercher à les perfectionner davantage. Aussi n'en emploie-t-on pas d'autres que celles que nous avons citées.

749. En résumé, un bon pigeon messager doit présenter la réunion des caractères physiologiques suivants :

1° Avoir le corps petit par rapport à son envergure ; parce qu'à volume égal, l'ampleur de l'envergure assure à l'oiseau un vol plus puissant et plus rapide, sans compter que la surface intérieure des ailes étant plus développée, il est plus facile d'y attacher les dépêches ou d'y faire des inscriptions ;

2° Avoir le plumage bien fourni, ce qui soutient mieux le pigeon dans le vol et le met davantage à l'abri des intempéries ;

3° Posséder des ailes à forte empenne, qui sont plus résistantes, et à force égale produisent plus de travail en vitesse ;

4° Enfin, avoir les pattes saines et sans

palmures. En effet, le pigeon qui souffre des pattes est souvent obligé de choisir un endroit convenable pour se poser, et il sacrifie instinctivement à cette nécessité la proximité de son colombier, s'il ne peut y rentrer de suite.

750. Couleur. — Bien qu'étant d'importance secondaire, la couleur du plumage peut avoir une influence sur le choix des espèces. Les avis sont partagés à ce sujet ; cependant on s'accorde à trouver à la couleur blanche ou à fond blanc les avantages suivants :

1° Elle se voit de fort loin et permet de découvrir le pigeon venant se percher la nuit aux environs ;

2° Elle sert de signe de ralliement aux pigeons qui l'aiment beaucoup ;

3° Il est plus facile de distinguer les inscriptions apposées sur les plumes ;

4° Les rayons solaires ont moins d'action sur cette couleur, de sorte que par les grandes chaleurs l'oiseau se fatigue moins.

Il faut ajouter que cette couleur est salissante et qu'on reproche, à tort ou à raison, aux pigeons de cette nuance d'être plus mous dans le vol que les autres. Aussi beaucoup d'amateurs préfèrent les couleurs dites bronzées, ardoisées, pourprées, etc.

§ II. — ACCOUPLEMENTS

751. Accouplements facultatifs. — Généralement les pigeons ne seront guère en état de multiplier qu'à l'âge d'un an, bien que, dès l'âge de quatre ou cinq mois, ils éprouvent déjà le besoin de s'accoupler. Il convient de laisser se produire librement cet instinct, qui se développera peu d'ailleurs pendant la période des entraînements. A la fin des exercices, vers la fin d'octobre, on laissera donc les oiseaux s'accoupler, afin de distinguer les mâles des femelles. En outre, bien que la première couvée soit toujours mal soi-

gnée, mal élevée, les parents seront ainsi plus aptes à produire des sujets vigoureux à la deuxième couvée qui aura lieu au printemps.

En principe, à moins d'accouplements ayant pour but d'améliorer la race, on laisse les pigeons libres de s'accoupler comme ils l'entendent, en prenant tous les moyens d'assurer la sympathie des couples. Ce premier *accouplement facultatif* a l'avantage de former des unions définitives, qui se reforment tout naturellement après que la séparation des mâles

d'avec les femelles (qui peut se faire dans le milieu de décembre pour quelques semaines, pour empêcher l'épuisement) a cessé. Cette séparation permet en outre de modifier les accouplements s'il y a lieu.

752. Accouplements dirigés. — Les accouplements dirigés, composés des sujets présentant les conditions requises, ont lieu dans la deuxième quinzaine de février. Après avoir été enfermés séparément pendant deux ou trois jours, le mâle et la femelle à accoupler sont réunis et ne tardent pas à se rapprocher.

Le chiffre normal des œufs par couvée est toujours de deux, dont la femelle pond le premier le soir, vers quatre heures, et l'autre le surlendemain, vers deux heures de l'après-midi ; il faut compter, à partir de ce moment, dix-huit jours jusqu'à l'éclosion. Si après dix-huit ou dix-neuf jours de couvée (dont il faut tenir note), les petits n'étaient pas sortis des œufs, il faudrait enlever ces derniers qui ne peuvent éclore et les remplacer par un nouveau-né pris dans un autre nid, sinon les vieux pigeons pourraient devenir malades faute d'avoir pu dégorger leur lait. (On appelle *lait* des pigeons une espèce de bouillie qui se forme dans le jabot du mâle aussi bien que dans celui de la femelle, et qui leur sert à nourrir leurs petits au moment de l'éclosion des œufs. Il faut que les vieux nourrissent au moins pendant dix jours, sinon, ils seraient exposés à la maladie appelée *ladre* et succomberaient bientôt.) En général, non seulement le mâle contribue à nourrir les petits, mais il relève la femelle, tant pour les œufs que pour les jeunes de dix heures du matin à quatre heures du soir.

Le même couple peut souvent avoir de nouveaux œufs quinze ou vingt jours après l'éclosion de la première couvée, mais leurs petits ont déjà assez de plumes pour n'avoir plus besoin d'être réchauffés par leurs parents. Il est nécessaire toutefois d'avoir deux nids dans la même case.

753. Pigeons non accouplés. — Les

pigeons qui n'auront pu être accouplés dans un colombier seront séparés d'avec ceux qui le sont, car ils chercheraient à l'être au détriment de ceux-ci et, par suite, nuiraient à la reproduction. On fera en sorte de compléter les couples, soit au moyen d'échanges avec d'autres colombers, soit en faisant l'acquisition des sujets nécessaires.

754. Séparation et réaccouplement. — Nous avons vu qu'il faut séparer les couples après la première couvée ; il faut en outre les retenir captifs pendant la période de séparation, sinon ils pourraient être victimes des oiseaux de proie ou chercher à aller s'accoupler dans d'autre colombers. On restreindra également un peu leur nourriture et on les réaccouplera à la fin de janvier, s'il ne fait pas trop froid, sinon vers le milieu de février.

755. Pigeons non séparés. — Pour faire la correspondance pendant l'hiver, il serait bon de conserver accouplés, durant cette saison et dans chaque colombier, un certain nombre de pigeons, jeunes et vieux, choisis parmi ceux qui auront le moins bien marché pendant les entraînements d'été. Il faudrait toutefois avoir soin, comme nous l'avons dit, de ne pas lâcher ces pigeons à de trop grandes distances, ni par de trop mauvais temps.

756. Pigeons de course. — Pour ne pas épuiser les vieux pigeons qui doivent prendre part à de longues courses, on a soin de ne leur laisser nourrir qu'un seul jeune par couvée, et l'on supprime le plus faible dès le quatrième ou le cinquième jour.

Dans le cas où l'on serait obligé d'employer des pigeons sûrs dès le deuxième ou troisième jour après l'éclosion des petits, il faudrait remplacer dans le nid ces derniers par un seul autre âgé de six ou dix jours, qu'il suffirait de nourrir pendant deux ou trois jours encore pour leur faire perdre le lait.

757. Produits des accouplements. — Les jeunes d'été sont ceux qui naissent de

mars à la fin de juillet, et comme ils finissent la mue des ailes avant la fin de l'année, ils sont très aptes à devenir des pigeons voyageurs l'année suivante.

Mais ceux qui naissent plus tard, et que l'on peut appeler pigeons d'arrière-saison, n'achèvent pas leur mue et sont toujours en retard. Aussi on ne conserve que les plus vigoureux, soit pour en faire des reproducteurs, soit pour combler les vides.

758. Nombre de couvées. — Pour avoir de bons produits et ne pas épuiser les parents, il faut faire en sorte de ne faire produire à ceux-ci que deux couvées par an. Pour les empêcher de continuer à pondre, on prend les dispositions nécessaires pour qu'ils ne trouvent dans leur compartiment ni angles ni coins où ils puissent déposer leurs œufs.

759. Pigeons malades. — Les pigeons sont sujets à un certain nombre de maladies, dont quelques-unes sont contagieuses. Aussi, pour peu que l'on ne connaisse pas la nature de la maladie et le moyen de la guérir, il sera bien préférable de supprimer les pigeons sérieusement malades que

de les soigner pour essayer de les guérir. On ne risque pas ainsi de voir une épidémie se déclarer et dépeupler le colombier.

760. Résumé. — En résumé, il n'est pas douteux que les croisements intelligents, le développement suivi des facultés, les exercices fréquents facilités par les chemins de fer, n'aient contribué puissamment à augmenter les qualités naturelles du pigeon et ses grandes facultés d'orientation. Pourtant les anciens avaient su tirer parti des aptitudes spéciales de ces oiseaux, sans avoir songé à autre chose qu'à dresser les pigeons, qui ont tout naturellement le don qui les fait employer comme messagers.

Il faut donc considérer l'entraînement que l'on fait subir aux pigeons, non comme ayant pour but de développer leurs facultés, mais simplement de les exercer à les déployer en les habituant au vol, à la fatigue, pour qu'ils soient en mesure de fournir de longues traites au besoin. C'est ainsi d'ailleurs que l'on procède pour habituer les soldats à la marche et à la fatigue.

CHAPITRE V

ORGANISATION AU POINT DE VUE MILITAIRE

761. Installation. Conditions générales. — Les pigeons s'accommodent des installations les plus diverses, et il ne faut pas croire qu'il est préférable d'employer à cet usage les points les plus élevés, tours, clochers, etc. Il suffit que le local remplisse les conditions hygiéniques voulues pour éviter les épidémies auxquelles ces oiseaux sont facilement sujets, que le séjour en soit absolument protégé contre les ron-

geurs et que l'installation intérieure soit organisée de manière à plaire assez aux pigeons pour qu'ils tiennent à y rentrer.

En général, on pourra affecter à ce service les combles ou les étages supérieurs des bâtiments occupés par un service public, d'autant plus que les pigeons aiment à se percher sur des objets élevés. Cependant, comme ce sont ces bâtiments qui sont les premiers exposés aux coup des

l'ennemi, il faut avoir soin de les choisir de telle sorte que, en cas de guerre, ils n'aient rien à craindre de ce côté.

762. Conditions d'hygiène. — Ces conditions pour un colombier, sont les suivantes :

1° Être à l'abri de l'humidité; le sol qui est en carrelage, en planches ou en béton, doit être recouvert d'une couche de 0^m,02 à 0^m,03 de sable pour que la *colombine* (fiente) sèche rapidement et ne s'attache pas aux pattes des pigeons. Il faut éviter par suite d'avoir des bassins pleins d'eau ou de larges abreuvoirs dans l'intérieur de ces locaux, parce qu'en s'y baignant, les oiseaux feraient jaillir l'eau sur le sol. Il serait préférable d'avoir à ce point de vue le pigeonnier à proximité d'une mare, d'un ruisseau ou d'une fontaine, car les pigeons aiment beaucoup à se baigner. Les murs devront être crépis intérieurement avec mortier et plâtre, et blanchis à la chaux tous les ans, pour éviter que l'humidité ne puisse entrer en aucune circonstance ;

2° Être bien aéré, car le pigeon a besoin d'air pur pour prospérer et il en consomme beaucoup. On peut compter sur une capacité de 1 mètre cube par couple, lorsqu'on peut renouveler l'air par des courants. Il faudra donc laisser tous les interstices qui donnent passage à l'air et avoir le plus grand nombre de lucarnes possible, car, dans nos climats, le froid n'est jamais trop rigoureux pour les pigeons, et il n'y a pas à s'en inquiéter ;

3° Être bien orienté, en évitant que l'entrée soit exposée à la pluie et de manière que le pigeonnier, tout en étant à l'abri des grands vents, soit exposé aux premiers rayons du soleil levant.

763. Conditions de sécurité. — Dans tous les cas, il faut veiller avec le plus grand soin à la sécurité du pigeon, et écarter rigoureusement de leur colombier les chats, les rats ou autres carnassiers qui constituent ses ennemis. Les mesures à prendre en pareil cas sont prévues pour

les locaux construits exprès; mais, pour une installation dans un bâtiment existant, il faut faire la chasse aux rongeurs par les moyens ordinaires et veiller surtout à les empêcher d'arriver à la cage d'accès, quand l'entrée du pigeonnier est sur un toit. De même, pour éviter les chutes fréquentes que font les jeunes pigeons en allant se poser sur les cheminées voisines, il faut faire couvrir celles-ci, dans un rayon assez étendu par un croisillon en fer ou en fil de fer.

764. Pigeonniers spéciaux. — Il est rare, bien que ce soit favorable, que l'on construise des pigeonniers spéciaux et isolés. Sans doute les pigeons n'aiment pas le bruit ni les mauvaises odeurs, et dans des bâtiments ordinaires ils y sont exposés, ainsi qu'aux dangers provenant du voisinage des chats, belettes, etc. Mais ces inconvénients ne sont pas si graves qu'on ne puisse y remédier en partie, et quoi qu'on fasse, on risque de perdre quelques jeunes pigeons, dont le prix est d'ailleurs de peu d'importance.

Sans doute les pigeons voyageurs sont des oiseaux timides de races fuyardes et qui aiment, dans la domesticité, tout ce qui ressemble à l'état sauvage, de sorte que le moindre bruit les inquiète. Mais on a pu remarquer aussi que, tout en ne s'apprivoisant pas et ne se laissant pas prendre volontiers, ils ne sont pas *sauvages*, et la présence ou le passage de l'homme au milieu d'eux ne leur cause aucun effroi, car on les voit parfaitement circuler dans les basses-cours au milieu des autres habitants de celles-ci.

765. Dispositions générales. — Pour les colombiers à créer la forme hexagonale est préférable à la forme ronde ou carrée, parce que l'aérage est plus facile à entretenir et que, les angles étant plus nombreux, on peut placer un plus grand nombre de couples.

Il est bon que le pigeonnier ait une fenêtre côté du levant pour entretenir une ventilation facile, et qu'il règne sur

tout son pourtour une corniche, faisant saillie de 0^m,20 à 0^m,30, qui servira aux pigeons comme lieu de rassemblement et de repos.

Il convient de ne réunir dans un même local que quarante à cinquante couples, pour rendre la surveillance et l'entretien faciles et empêcher le développement des épidémies.

Un *pigeonnier militaire* peut comprendre normalement :

1^o Quatre compartiments (environ deux cents couples) pour les pigeons amenés jeunes ou nés dans le colombier, chaque compartiment pouvant être réservé aux pigeons destinés à voyager dans une direction déterminée, pour laquelle ils ont été entraînés ;

2^o Deux compartiments fermés l'un pour les mâles, l'autre pour les femelles, destinés à conserver les pigeons qui devront être expédiés. Leur étendue doit être

en rapport avec le nombre de messagers que la place peut recevoir en cas d'investissement ; en général, il paraît suffisant que chacun puisse recevoir quatre-vingts à cent pigeons ;

3^o Si c'est possible, mais ce n'est nullement indispensable, deux compartiments de dimensions restreintes, l'un pour les pigeons malades à isoler, l'autre pour les couples provenant d'autres colombiers et destinés à la reproduction, mais qu'il faut enfermer pour les empêcher de s'enfuir.

766. Portes et fenêtres. — Autant qu'il sera possible, on fera en sorte que chaque compartiment ait son entrée indépendante, pour ne pas déranger trop souvent les pigeons par la circulation d'une pièce à l'autre. Chaque porte, munie d'un carreau de surveillance, sera garnie, à sa partie inférieure, d'une plaque de tôle venant battre sur un seuil de 0^m,10 de hauteur,

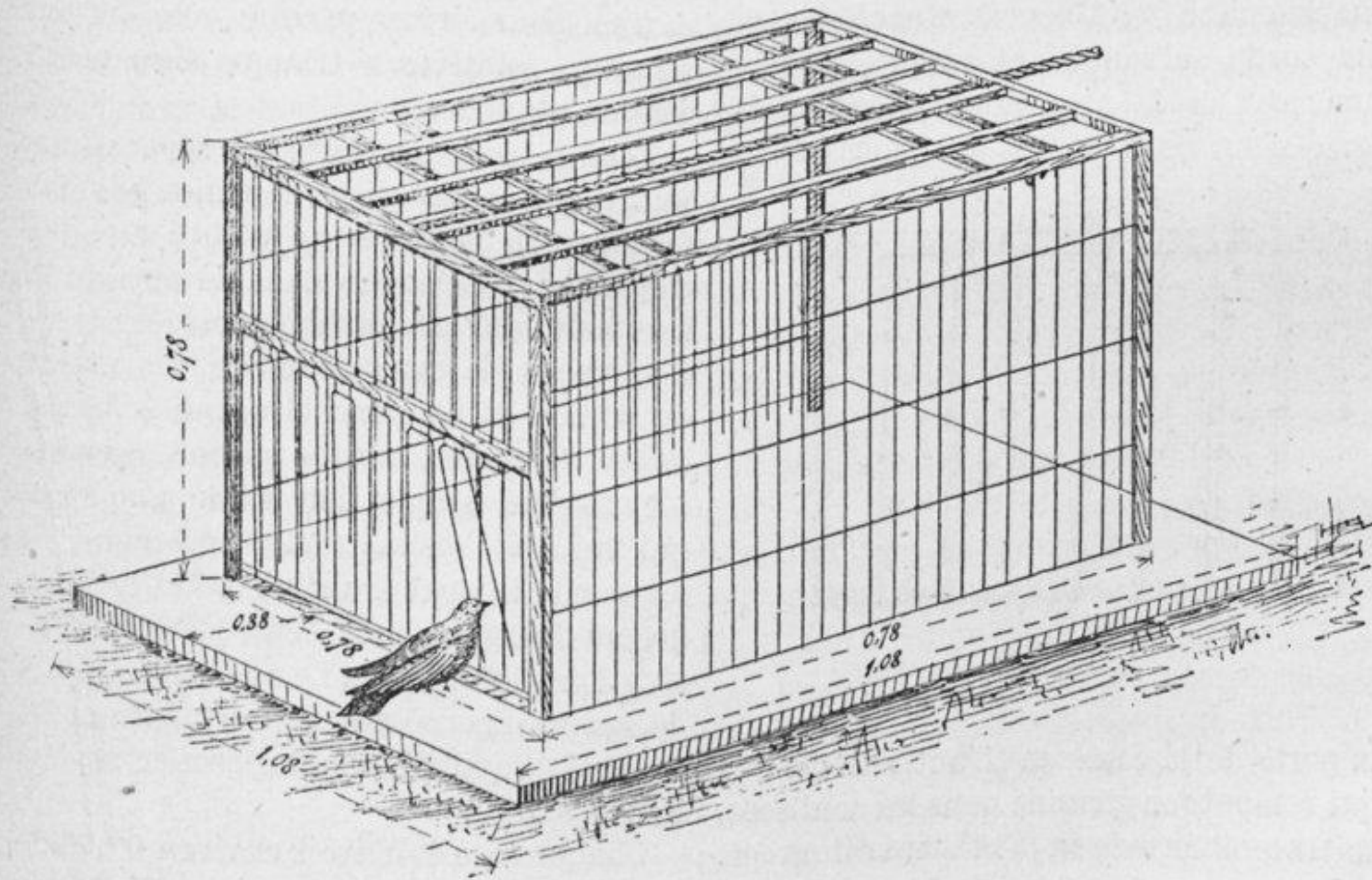


Fig. 369.

garni de la même manière, pour empêcher les rongeurs de s'introduire par là. L'aé-
rage et l'éclairage de chaque comparti-
ment sont assurés par une lucarne ou

fenêtre servant à l'entrée et à la sortie de pigeons, et par l'organisation de courants d'air dans les étages et des tabatières dans les combles.

La fenêtre doit avoir au moins $0^m,80$ de largeur sur $1^m,20$ de hauteur : elle est munie d'un appareil particulier en forme de cage, permettant la sortie des pigeons quand on le veut et leur rentrée à volonté. Cette cage a en général $0^m,80$, sur toutes ses faces ; le surplus de largeur et de hauteur de la barre est simplement fermé par une claire-voie treillagée.

La cage d'entrée a la forme représentée dans la figure 369 qui fait suffisamment comprendre son mode de confection. On voit que le dessus en treillage laisse des compartiments de $0^m,10$ sur $0^m,13$ qui permettent aux pigeons de rentrer, mais non de sortir. La face, tournée vers l'intérieur, a une porte de $0^m,35$ environ, ménagée sur tout la largeur. Cette porte grillagée est formée de tiges fixes et de tiges de fer recourbées en leur milieu et tournant dans une charnière (*fig. 370*) nommées *cliquettes*. Une corde, suivant les sinuosités du plafond, part de la cage pour aboutir à la porte d'entrée, d'où l'on peut soit ouvrir

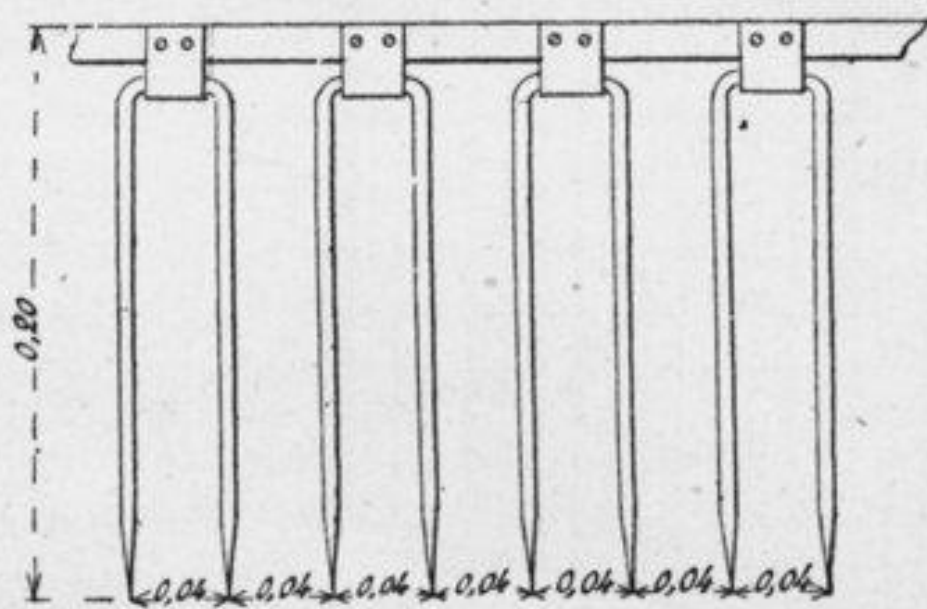


Fig. 370.

la porte de la cage en tirant sur celle-ci qui remonte en glissant dans les coulisses, soit la tenir fermée en la laissant retomber.

La cage est fermée quand on attend la rentrée du messenger, et celui-ci ne peut pénétrer dans le colombier qu'après avoir poussé les cliquettes qui se ferment der-

rière lui : il est facile alors de s'en emparer et de prendre les dépêches qu'il porte.

La cage doit être posée dans l'ouverture de la pièce de manière à faire une saillie intérieure de $0^m,20$ environ et à être à $1^m,25$ environ au-dessus du sol. De cette manière, on domine la cage quand on attend la rentrée d'un pigeon, et un de ceux-ci dont on a ébarbé les ailes ne peut pas s'élancer jusqu'à la cage.

767. Organisation des compartiments.

— Chaque compartiment ne doit pas avoir plus de $2^m,20$ de hauteur pour que l'on puisse prendre facilement les pigeons quand on en a besoin, et que ceux-ci ne puissent chercher à s'échapper en volant, car ils risqueraient ainsi de se blesser ou de briser quelques plumes et d'être mis hors de service pendant un certain temps. Le surplus de hauteur de la pièce est simplement séparé par une claire-voie, de manière à laisser tout le volume d'air disponible. Des dispositions peuvent être également prises dans un comble très incliné, pour fermer par une cloison en planches jointives le triangle aigu placé près du plancher.

Tout le long des murs ou séparations sont alignées des cases, fournies par des étagères en planches de $0^m,015$ au plus d'épaisseur et séparées dans le sens de la longueur, par des planches placées verticalement. Il est inutile de les munir de portes et de perchoirs, qui seraient même nuisibles ; chaque pigeon, ou plutôt chaque couple, doit avoir une case qui lui soit exclusivement réservée, et à laquelle il tient à un tel point qu'il la défend énergiquement contre toute tentative d'envahissement. Le nombre de rangs de cases superposées est ordinairement de trois ou quatre, dont le premier repose sur le sol.

Chaque case doit avoir environ $0^m,75$ de longueur, $0^m,45$ de largeur et $0^m,35$ de hauteur. Cette longueur de $0^m,75$ est nécessaire pour pouvoir au besoin placer deux nids dans la case, pour le cas fré-

quent où le couple aurait des œufs quinze ou vingt jours après l'éclosion d'une première couvée.

768. Les *nids* (fig. 371) pour être plus faciles à entretenir propres et secs sont en *plâtre* ou en *bois dur*, mais de préférence en plâtre. Ces nids, presque cylindriques, ont de 0^m, 22 à 0^m, 25 de diamètre



Fig. 371.

et 0^m, 04 de profondeur. Il faut veiller avec un soin spécial à ce qu'ils soient parfaitement propres, car c'est une condition de succès de l'élevage. On met à portée des pigeons de l'argile et des brins de bois qui leur servent à garnir l'intérieur de leur nid.

Chaque nid doit porter le numéro du couple, qui l'occupe et ce même numéro, reproduit sur la plume des oiseaux, per-

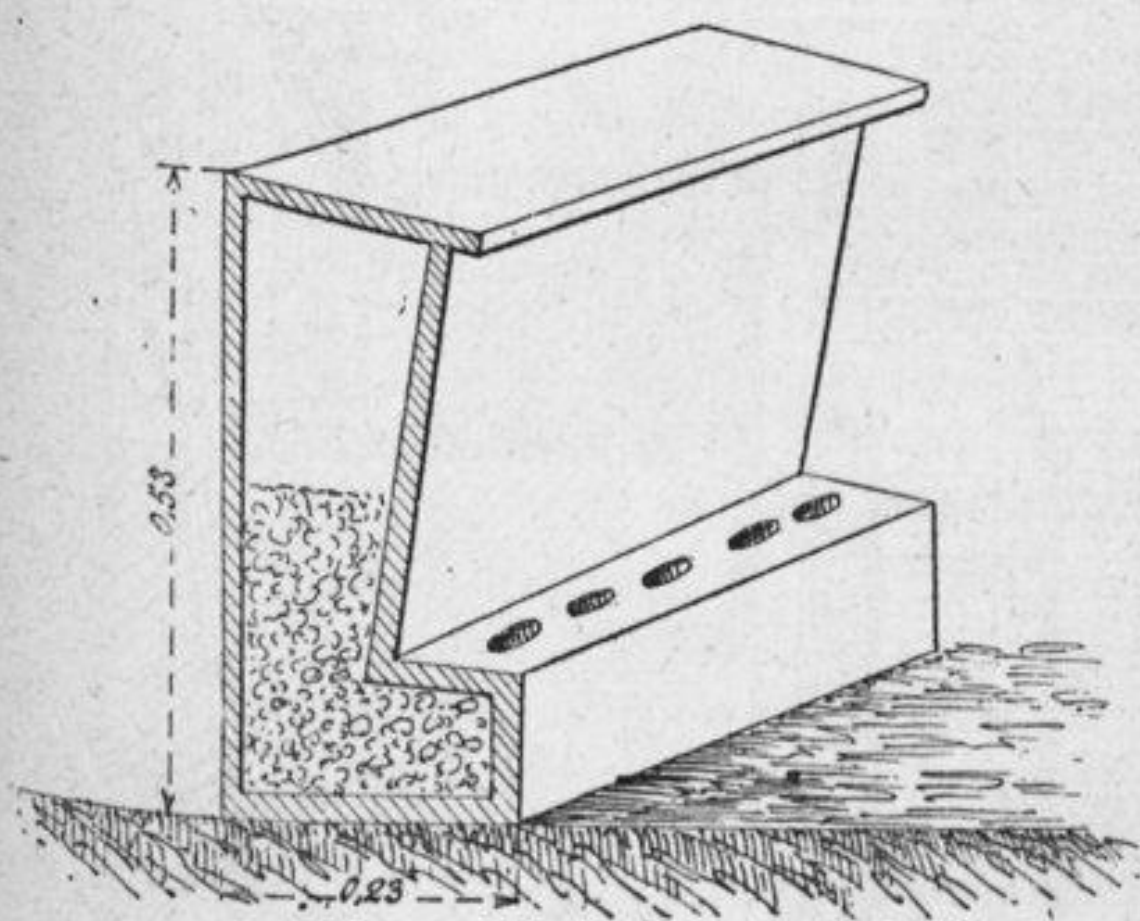


Fig. 372.

mettra de suivre les résultats des entraînements sur le registre à ce destiné.

On place dans chaque compartiment une

Sciences appliquées.

mangeoire contenant l'approvisionnement de plusieurs jours et disposée à peu près comme l'indiquent les figures 372 et 374, de manière que les grains ne coulent qu'au fur et à mesure de la consommation, par de petits orifices ouverts à la base. De cette manière la nourriture ne peut être souillée par la fiente du pigeon perché sur la caisse.

Chaque compartiment doit également être pourvu d'un *abreuvoir* (fig 373) tel que le pigeon ne puisse s'y baigner ni le salir. C'est un simple vase de grès, rempli d'eau, qu'on retourne, le goulot en bas, dans une cuvette assez étroite également pleine. La pression atmosphérique suffit à maintenir le liquide dans cette dernière. Pendant les fortes gelées, ces vases éclateraient s'ils étaient pleins d'eau; aussi doit-on les vider et donner à boire aux pigeons deux ou trois fois par jour dans des vases ordinaires. Dans tous les cas, l'eau des abreuvoirs doit être renouvelée plusieurs fois par semaine, et ces abreuvoirs être nettoyés chaque fois. Il faut avoir soin en outre que cette eau ne soit pas trop fraîche, surtout en été.

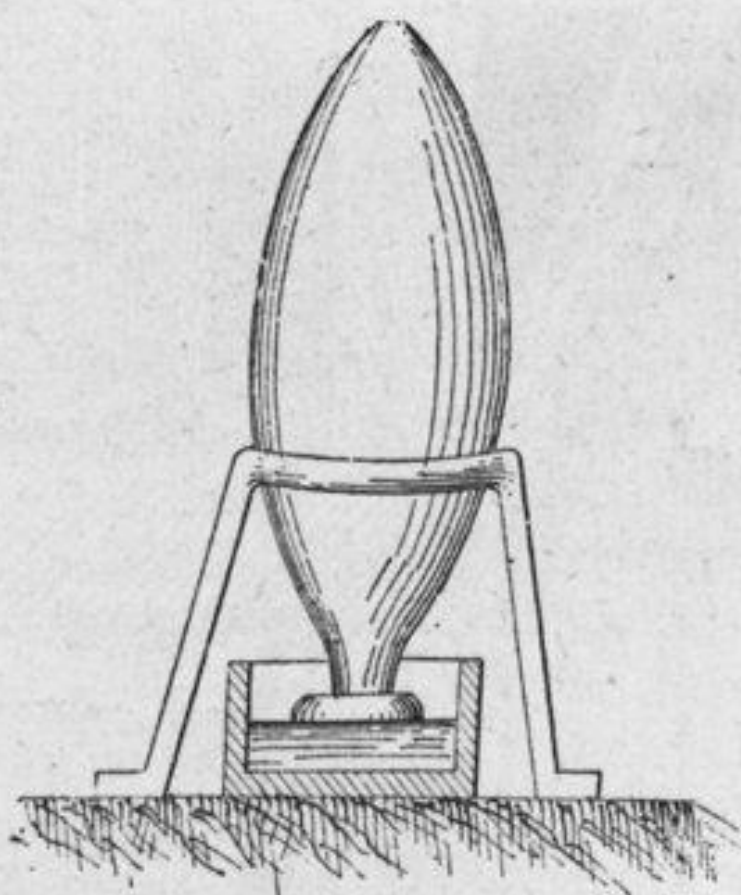


Fig. 373.

La figure 374 donne des indications générales sur les dispositions d'ensemble à prendre pour l'installation d'un colombier

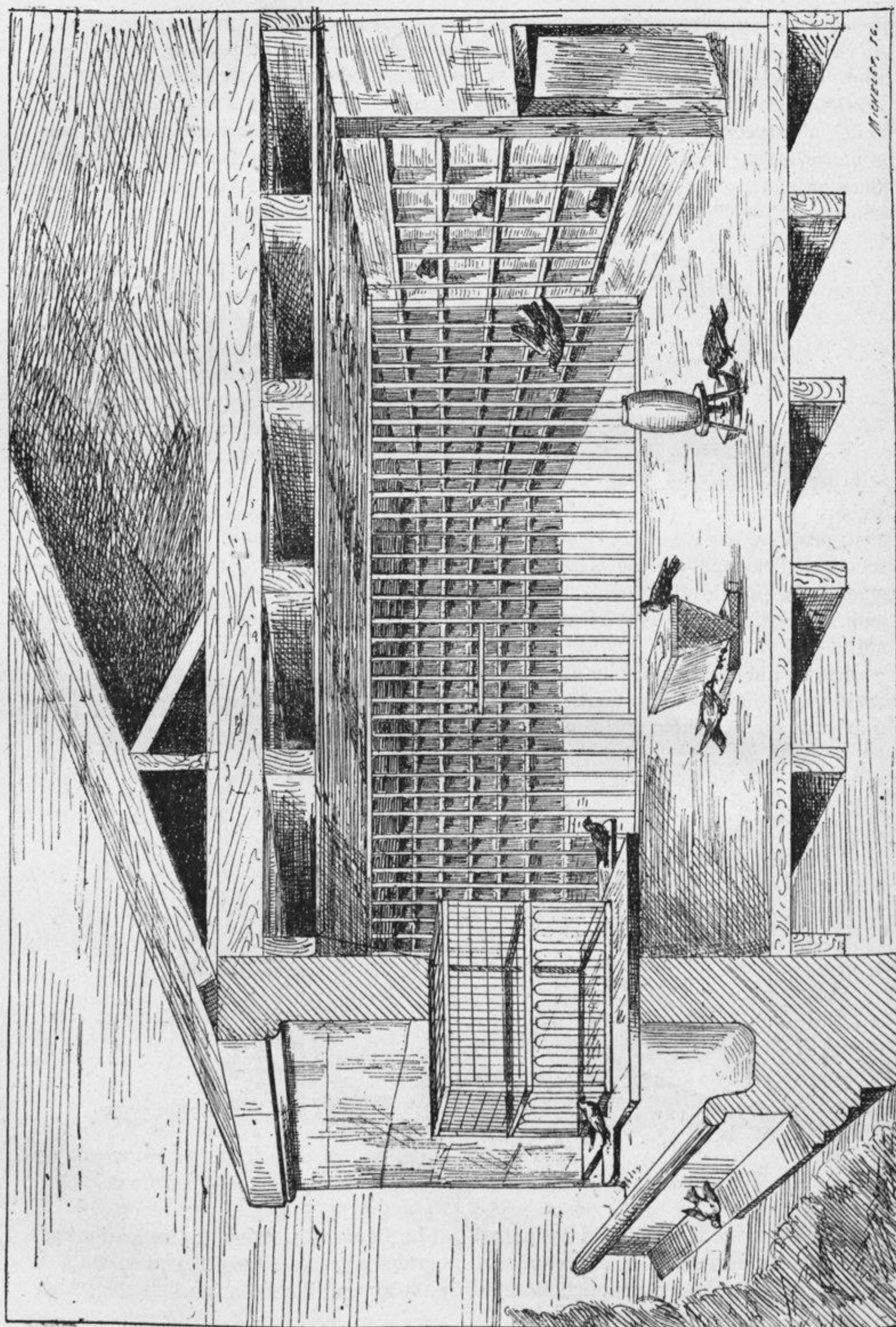


Fig. 374.

§ III. — NOURRITURE ET SOINS

769. Nourriture. — La nourriture à donner aux pigeons se compose de la plupart des grains, tels que : froment, orge, sarrasin, chènevis, millet, maïs, fèves, vesces, pois, riz, graines d'œillette, etc. Mais certains de ces grains doivent être exclus en principe, comme le chènevis qui est très échauffant, le blé et le maïs qui sont trop rafraîchissants. La meilleure alimentation habituelle pour les pigeons voyageurs consiste, d'après l'expérience, en féverolles, vesces et pois jarras. Cependant, il y a lieu de faire un choix suivant la saison et les circonstances, l'âge et les habitudes. La féverolle, qui joue le rôle de picotin, est préférable pendant les entraînements et les voyages. A aucun prix, il ne faut donner à manger aux pigeons du grain échauffé. Un mélange de plusieurs espèces est préférable pour les jeunes pigeons, qui sinon, risqueraient de manger trop de l'espèce unique qui leur convient, au point de ne pouvoir plus boire. Il est en outre plus facile de les faire vivre sur la campagne, ce qui peut être nécessaire comme nous le verrons.

Les pigeons facilitent leur digestion en avalant de petits cailloux. En outre, comme ils aiment beaucoup le sel et ne sauraient s'en passer sans dépérir, on ajoute dans chaque compartiment une sorte de gâteau de terre argileuse et de sel, que l'on dépose dans une écuelle quelconque pour éviter de laisser le sol s'imprégner d'humidité.

Cette nourriture et l'entretien du pigeon coûtent à l'État environ 0 fr. 50 par mois. En déduction des frais, il faut compter les jeunes dont on n'a pas besoin et qui, à un certain âge, peuvent facilement être vendus 3 fr. la paire. Le fumier a aussi une certaine valeur.

Le pigeon peut atteindre ainsi son complet développement à trois ans, et servir jusqu'à seize ans. Certains vivent même jusqu'à vingt ans.

Pour pouvoir parcourir de longues distances, ou par les mauvais temps, pour pouvoir rester plusieurs jours en route, il est indispensable que les pigeons sachent trouver leur nourriture dans la campagne. On ne peut les y habituer qu'en les violentant, car ils n'aiment pas à s'abattre sur le sol. Vers le milieu de juillet, à la saison des moissons, après leur avoir supprimé toute nourriture pendant vingt-quatre heures (la boisson excepté), on transporte les pigeons dans des paniers de voyage à une distance de plusieurs kilomètres dans un champ récemment moissonné. On les réunit alors dans un grand panier sans fond, dans lequel et autour duquel ils trouvent des grains de même espèce que ceux du champ et qu'ils dévorent avidement. On fait alors soulever à distance le dessus du panier, d'où les pigeons sortent aussitôt et généralement pour rentrer au pigeonnier qu'ils trouvent fermé, mais dans lequel ils peuvent pénétrer en poussant les cliquettes. Mais, alors, ils ne peuvent pas en sortir, et comme ils ne trouvent rien à manger, ils souffrent cruellement de la faim ; aussi, en renouvelant l'opération le lendemain, les pigeons commencent pour la plupart à manger le grain répandu autour du panier, puis s'en éloignent peu à peu, et finissent par glaner dans le champ même.

Au bout de quelques jours de cet exercice, ils s'habituent à manger un peu de tout et à chercher leur nourriture partout où ils la trouvent. Ce régime est d'abord hygiénique, puis économique et enfin utile pour les cas indiqués.

770. Soins de propreté. — Nous avons déjà fait ressortir que la propreté est une condition indispensable aux succès du colombier. Il faut donc enlever tous les jours de celui-ci la colombine, les plumes, le duvet, etc., nettoyer le sol, passer les murs et les planchettes à l'eau de chaux au moins une fois l'an, au mois d'octobre, et, si c'est nécessaire, une seconde fois au printemps. On les délivre de la vermine en insuffisant de la poudre insecticide Vicat dans et sous les nids.

771. Prix. — Le prix de diverses espèces est assez variable. A Liège, un couple de *Liégeois* ordinaires se vend couramment de 5 à 15 francs. En y mettant de 20 à 30 francs, on peut avoir un bon choix.

La meilleure saison pour l'achat est la fin de l'automne, parce qu'à ce moment le dressage est achevé, et d'autre part, les marques estampillées sur les ailes des pigeons qui ont voyagé y sont encore apparentes, ce qui constitue déjà un indice des qualités de l'oiseau.

§. IV. — DISPOSITIONS PARTICULIÈRES

772. Marques à apposer sur les pigeons et registres à tenir. — En France, les jeunes pigeons nés au colombier reçoivent, à l'âge de vingt-cinq jours



Fig. 375.

environ, le numéro correspondant à ce- | numéro est inscrit avec des chiffres de
lui du nid dans lequel ils sont nés. Ce | 5 à 6 millimètres seulement, sur l'avant-

dernière plume (couteau) de l'aile droite. Leur inscription au registre matricule n'a lieu que vers le mois d'août, à la fin des entraînements.

Le registre matricule reproduit avec le numéro d'ordre apposé sur chaque pigeon adulte, la provenance et le signallement de celui-ci. Ce numéro est donné immédiatement à tout vieux pigeon entrant au colombier et seulement au mois d'août aux jeunes, comme nous l'avons vu. Afin de ne pas confondre le numéro matricule avec celui du nid, on emploie, pour le premier, des chiffres plus grands,

de 10 millimètres de hauteur, ce qui permet, en outre de reconnaître à première vue si le pigeon est adulte ou non.

Toutes les marques ou inscriptions s'effectuent au moyen d'un composteur, en ayant bien soin de ne jamais meurtrir l'os de la plume en apposant le timbre sur les barbes.

La figure 375 donne un spécimen des marques en question. Nous donnons également dans la figure 376 un spécimen de la manière dont les Allemands marquent leurs pigeons. Les marques 214 *MBS* (1) *Berlin-Cologne*, signifie que le pigeon a

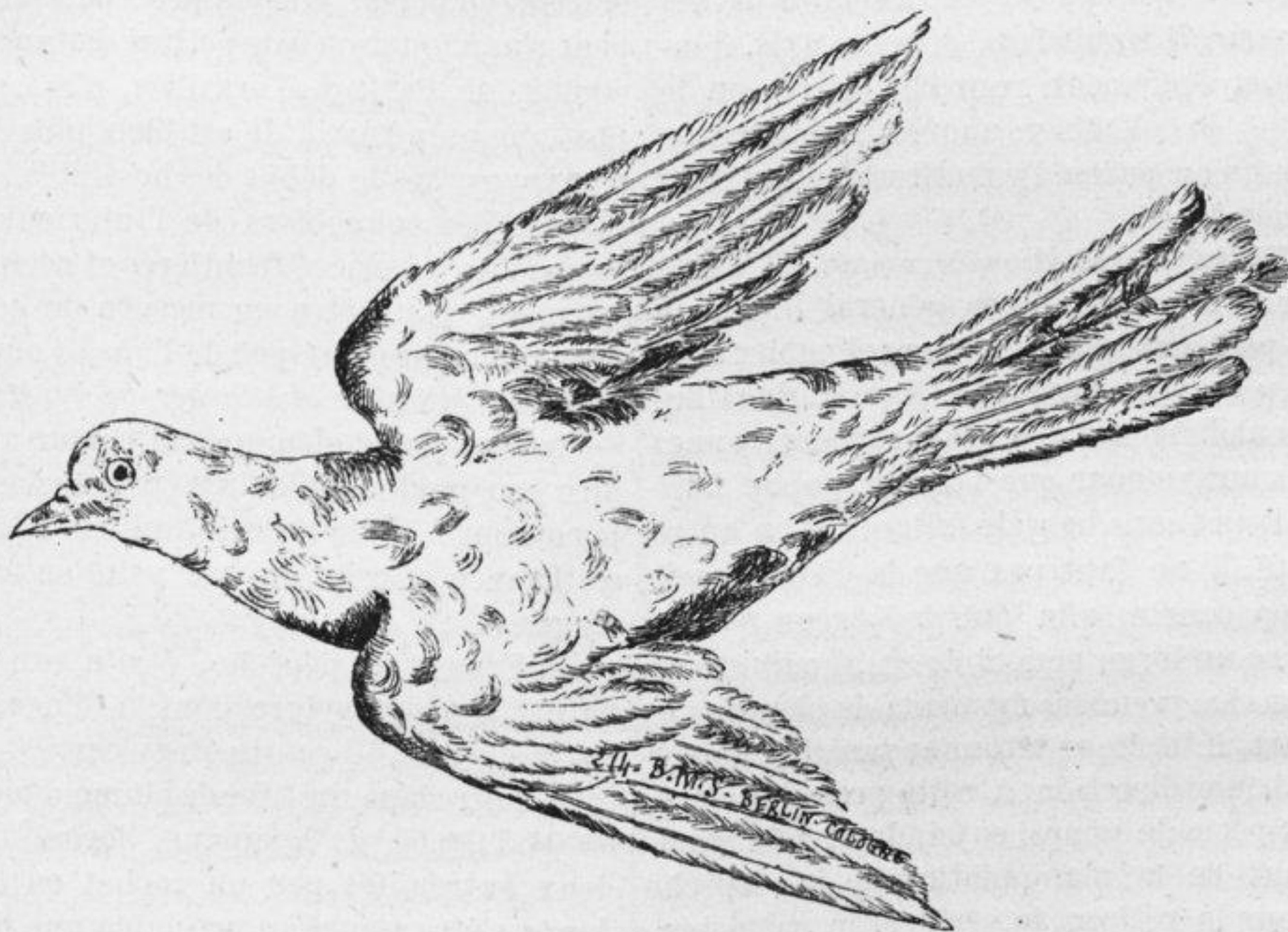


Fig. 376.

le numéro matricule 214 du colombier militaire de Cologne et qu'il est dressé pour faire le trajet de Berlin à Cologne.

Outre le registre matricule dont nous avons parlé il faut encore un registre des accouplements et un registre des entraînements (celui-ci divisé en deux parties : l'une pour les anciens, l'autre pour les jeunes pigeons), sans compter un carnet où seront inscrits, par le numéro de leur

nid, les jeunes pigeons non matriculés. Le registre des entraînements, bien tenu dans les conditions dans lesquelles ont lieu les épreuves, permet de classer les sujets et de connaître sûrement les mieux doués, car c'est l'expérience tirée du vol qui seule peut servir utilement à se classe-

(1) *Militär-Brieftauben Station*, c'est-à-dire station de pigeons voyageurs militaires.

ment. Pour un certain nombre de voyages, ce sont les pigeons qui sont arrivés en moyenne dans le moins de temps, qui présentent le plus de garanties.

En Espagne, chaque pigeon a son état-civil constatant sa filiation complète ; de cette manière, il est facile de voir ceux des oiseaux producteurs qui font les meilleures couvées et dont il faudra choisir l'espèce pour peupler les colombiers militaires. L'oiseau porte sur les plumes des ailes un numéro matricule ceux de ses père et mère, et l'indication du sexe.

Dans les sociétés civiles, le timbre de la société est apposé sur les ailes de ses pigeons. Il serait bon, à notre avis, d'indiquer également, pour chaque pigeon de l'Etat, le colombier auquel il appartient, afin qu'on puisse l'y restituer au cas où il serait égaré.

773. Organisation du réseau. — L'expérience a prouvé qu'en général le pigeon ne peut pas retrouver son colombier à de trop grandes distances. Les stations devront donc être assez rapprochées les unes des autres pour que l'oiseau puisse faire le trajet sans trop de fatigue. D'un autre côté, il ne faut pas que la distance soit trop courte, afin que le pigeon puisse faire un large emploi de ses facultés, car dans les premiers moments de chaque départ, il hésite et tâtonne avant de trouver la bonne direction. A cette première cause de perte de temps, se joindrait celle résultant de la manipulation de la dépêche pour la retirer, la vérifier, la rattacher, etc., et l'on est obligé quelquefois aussi de multiplier les relais pour faire arriver la dépêche à destination. En conséquence, à moins de raisons particulières, l'éloignement des stations variera entre 100 et 200 kilomètres.

Les conditions stratégiques et topographiques doivent également entrer en ligne de compte pour l'établissement des diverses stations militaires. En général, elles sont organisées dans les principales places fortes ou stratégiques, forts d'arrêt, ré-

partis sur les différents points du pays, avec une grande place comme dépôt central. Pour un grand Etat, il faut pouvoir compter sur un ensemble de 5,000 pigeons voyageurs.

Pour le cas où l'on veut faire communiquer entre eux deux forts de la frontière ou deux points stratégiques, on enferme les pigeons successivement quelques mois dans l'un et dans l'autre, pour qu'ils y contractent des liaisons domestiques. Puis on supprime l'eau dans l'un et le grain dans l'autre. Les sujets prennent alors l'habitude de voler d'une station à l'autre pour boire et manger. Mais ce procédé, qui ne peut s'appliquer qu'à de petites distances, comme de Paris à Versailles, n'est pas pratique en général. Il est bien plus sûr d'envoyer, dès le début des hostilités, des pigeons des colombiers de l'intérieur du pays dans les places frontières et réciproquement, pour être en mesure de communiquer par ce moyen de l'un à l'autre.

774. Manière d'attacher les dépêches. — Actuellement chaque Etat a pour ainsi dire son mode particulier, et nous nous bornerons à indiquer celui qui est adopté en France et celui qui est usité en Allemagne.

En France, la dépêche, écrite sur une feuille de papier pelure (dont la dimension varie de 6 à 10 centimètres carrés), est introduite dans un tube de plume d'oie de 0^m,04 à 0^m,05 de longueur, fermé à ses deux extrémités par un cachet en cire. Après s'être assuré au préalable que l'une des plumes caudales médianes (appelées *couteaux* ou *rémites*) est solide, en y exerçant une légère traction, on enfle le tube dans l'axe du couteau jusqu'au milieu de sa longueur (*fig. 377*). On achève au besoin le calage du tube au moyen d'un bout d'allumette qui fait l'office de coin, et ce procédé est presque toujours infailible. Avec le procédé photo-microscopique, on peut faire porter au pigeon, en un gramme, la valeur de quinze cents lignes imprimées.

En Allemagne, le tuyau fermé naturellement à un bout est fixé à ses deux extrémités à l'aide d'un fil de soie (fig. 378), qui vient se nouer au-dessus de la plume de l'oiseau.

L'extrémité ouverte, fermée avec de la

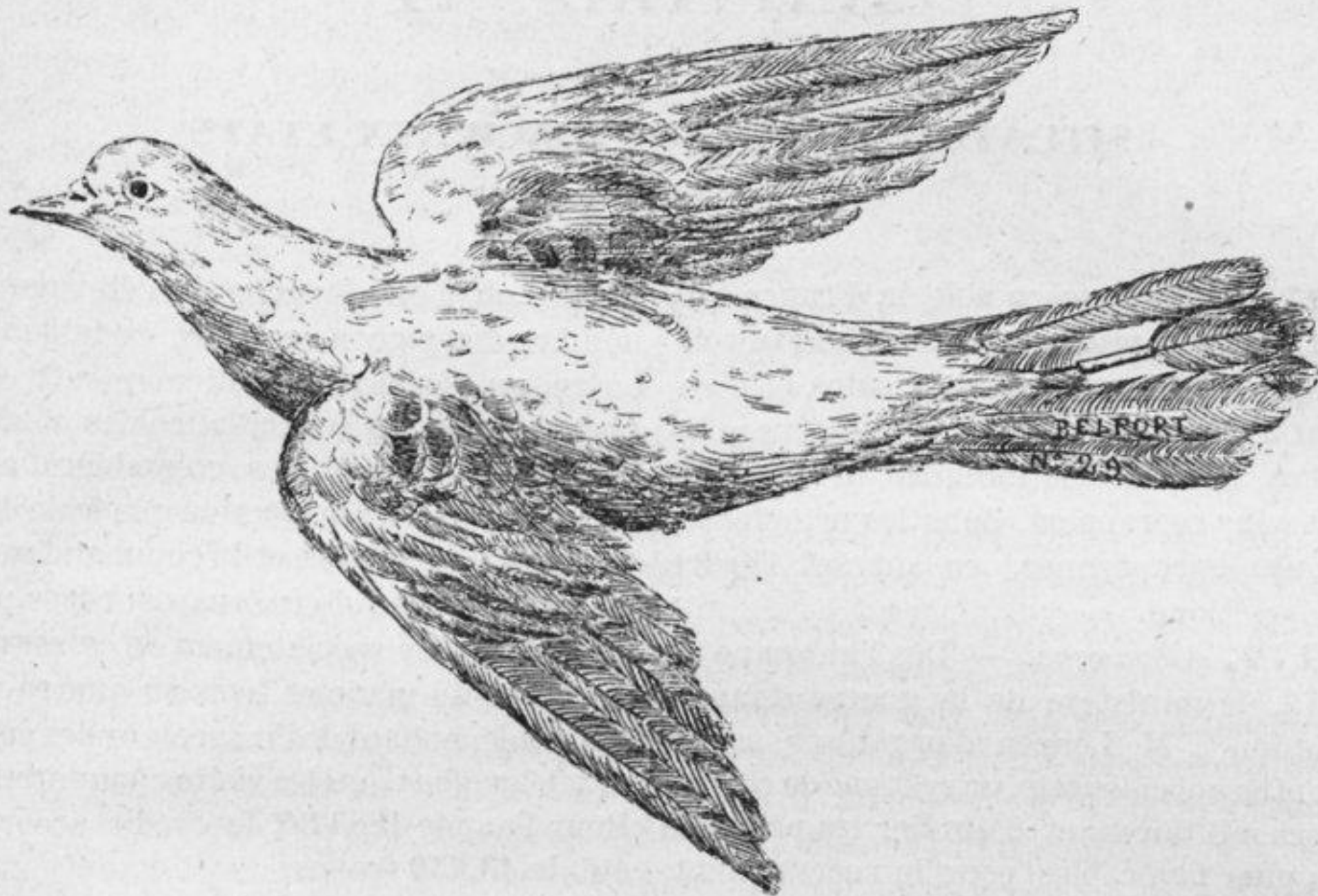


Fig. 377.

cire, est tournée vers le corps du pigeon. Le fil de l'extrémité fermée passe à tra-

vers le tuyau, de sorte que l'on est sûr que celui-ci ne peut glisser et s'échapper.

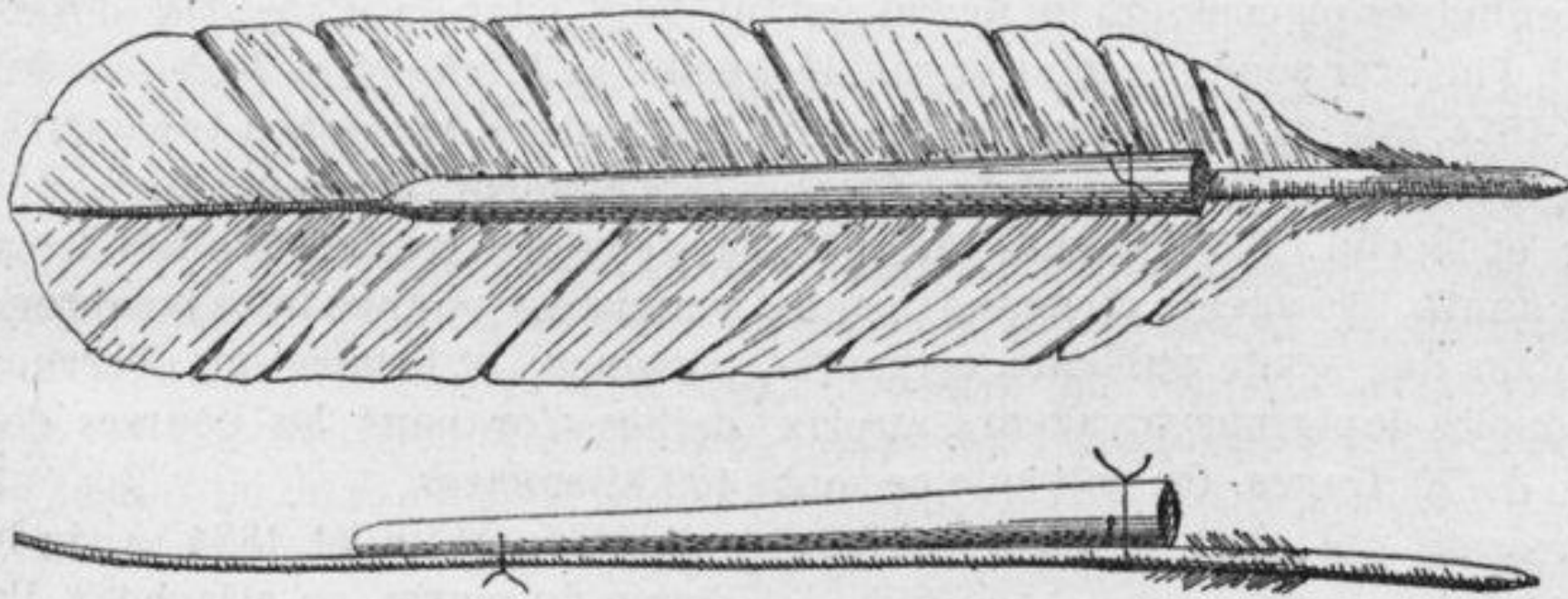


Fig. 378.

775. *Nombre de pigeons à lâcher en même temps.* — Les sociétés civiles admettent qu'un lâcher ou vol bien organisé doit se composer d'une bande de douze à seize sujets au plus, parmi lesquels on distingue : 1° les *reporters*, qui dirigent la marche et volent en tête ; 2° les *pisteurs* qui suivent les reporters et ne pourraient

retrouver leur direction sans ceux-ci.

Pour le service militaire où l'on ne lâche en général qu'un pigeon à la fois, il est bon de n'avoir que des reporters, ce à quoi l'on arrive par un bon entraînement, et, comme on a du choix, en sacrifiant tous ceux qui ne peuvent arriver à se diriger seuls.

CHAPITRE VI

SITUATION DANS LES PRINCIPAUX ÉTATS

776. Bien que ce soit la France qui soit entrée le plus résolument dans la voie et qui consacre le plus de soins et d'argent à l'organisation des colombiers militaires, nous allons indiquer ce qui a été fait sous ce rapport, dans les principales armées européennes, en suivant l'ordre alphabétique.

777. Allemagne. — Dès l'automne de 1871, le ministère de la guerre donnait mission à M. Lenzen d'organiser, sur la frontière occidentale, un système de colombiers militaires, et d'étudier les procédés les plus favorables pour le recrutement, l'élevage et le dressage des pigeons voyageurs. Cette question fut tranchée en 1874. Dans l'intervalle, en 1872, M. de Bismarck avait reçu de Flandre un certain nombre de magnifiques pigeons, qui lui fournirent le motif d'insister pour une solution rapide.

Dès 1874, quatre colombiers militaires furent installés à Cologne, Metz, Strasbourg et Berlin. Le 1^{er} mars de cette même année, les agents allemands acquirent, dans une vente publique, soixante-cinq couples de pigeons-voyageurs, au prix moyen de 70 francs. On sait que ce sont les *anversois* qui sont préférés en Allemagne.

Depuis cette époque, on a créé des stations à Wurzburg, Mayence, Posen, Thorn, Wilhemshafen, Kœnisberg, Kiel, Tønning et Dantzig. Il est aussi question d'établir un pigeonnier central à Schwetzingen, non loin de Mannheim. Chaque colombier contient deux cents pigeons, sauf Metz et Strasbourg, qui en ont six cents, et Thorn qui en compte mille. A

Berlin, où l'on s'occupe de l'élevage, le nombre des pigeons est fort variable. En outre un service régulier paraît être organisé pour la surveillance des côtes.

L'administration des colombiers militaires relève de l'inspection générale de la télégraphie militaire et du commandant de la place forte. Celui-ci a sous ses ordres, pour s'occuper plus spécialement de ce service, un agent du génie et trois ou quatre personnes dépendant de l'inspecteur des postes et télégraphes, qui les visite chaque année. Pour l'année 1883-84, le crédit accordé a été de 43,750 francs.

L'Allemagne ne s'est pas contentée de créer des colombiers militaires, elle s'est occupée en outre à stimuler les efforts des sociétés colombophiles, parmi lesquelles il faut citer la *Columbia* d'Aix-la-Chapelle, la *Flèche* et la *Berolina* de Berlin. Des lâchers de pigeons-voyageurs ont lieu fréquemment, les journaux en donnent des comptes rendus détaillés, les généraux y assistent pour en faire comprendre l'importance, et l'empereur décerne des médailles d'or pour les courses de plus à 400 kilomètres.

Ainsi le 22 juillet 1884, à six heures et demie du matin, on a lâché à Paris cinquante-six pigeons, dont le premier, malgré le temps couvert et pluvieux, est arrivé le dimanche à cinq heures du matin à Hambourg (700 kilomètres).

Dans ces expériences, le trajet de Strasbourg à Munich a été parcouru en cinq heures (275 kilomètres). En 1885 a eu lieu à Munich, au Palais de Cristal, une exposition de pigeons voyageurs, compre-

nant les vainqueurs célèbres et les pigeons les mieux doués et entraînés. La société colombophile le *Phoenix*, de Berlin, a organisé une station à Colberg où le capitaine des ingénieurs Taubert a exposé comme il suit l'emploi des pigeons voyageurs au point de vue maritime.

On peut poser la question dans ces termes : comment dresser spécialement les pigeons à ce point de vue, ou quelles sont les modifications à faire subir au dressage des pigeons terrestres ?

Quelques connaisseurs et des observateurs attentifs ont prétendu reconnaître que les pigeons qui font le service de mer possèdent une force musculaire exceptionnelle, et qu'ils doivent être élevés et habitués à ce genre de service, pour pouvoir résister aux intempéries et aux vents plus rigoureux sur la mer ou sur les côtes, et pour arriver à faire un trajet plus long. Ce point de vue ne manque pas de justesse.

Il est vrai que l'on peut répondre que, dans le nombre considérable de sujets dont l'on dispose, il suffit de savoir choisir ceux qui possèdent les qualités requises, c'est-à-dire prendre de préférence ceux qui sont capables de fournir une longue traite en résistant aux éléments à ceux qui volent plus vite mais se fatiguent plus facilement.

D'ailleurs, dans ce service, il ne s'agit jamais de faire de longs trajets. Les navires de garde ou de signaux, les tours ou phares et stations d'observation ne sont jamais qu'à quelques kilomètres des stations de pilotes ou de sauvetage; donc les colombers seront situés dans le voisinage.

Au début, les exercices auront lieu par un temps clair et calme, puis par un temps clair mais avec un vent de plus en plus violent, puis en augmentant progressivement les difficultés, de manière à obtenir que les pigeons sachent retrouver leur chemin par tous les temps et tous les vents. L'expérience a prouvé que, dans les voyages d'essai, les pigeons restent

rassemblés, et ce n'est que peu à peu qu'ils se forment et se confient à leur instinct.

On sait que l'Angleterre a exercé de nombreux pigeons à ce service, pour aller par exemple en France, en Belgique et en Hollande, ou vice versa. De même il serait très utile d'avoir, sur les côtes, quelques stations de pigeons pour les pilotes, de manière à pouvoir réclamer, pour les navires en mer ou pour les phares, le secours de pilotes ou de chaloupes de sauvetage, par les mers les plus orageuses, l'atmosphère la plus troublée, la pluie la plus intense ou la nuit la plus noire.

On a d'ailleurs établi, en Allemagne, des colombers militaires dans tous les ports ou villes situés sur les côtes.

Il est même question d'avoir des pigeons voyageurs aux quartiers généraux des armées, pour le cas où celles-ci viendraient à être cernées ou bien où le télégraphe de campagne serait coupé.

778. Angleterre. — Une curieuse application du service des pigeons pour les opérations de troupes en marche a eu lieu en 1885, pendant les exercices de Pâques des volontaires anglais (1). On avait admis le thème suivant : des troupes ennemies sont débarquées dans la baie de Pegwell et elles occupent une position allant de Deat (12 kilomètres nord de Douvres) à Walmer; dans cette dernière localité, une bande de pigeons voyageurs, provenant des diverses places de l'Angleterre est tombée entre leurs mains. Ces pigeons sont envoyés par mer à Newhaven (15 kilomètres de Brighton), où ils suivent une autre troupe ennemie marchant sur Brighton, de sorte que les deux armées adverses peuvent communiquer par pigeons.

L'armée anglaise est à Douvres; à la nouvelle que les ennemis ont débarqué

(1) Troupe non soldée, se recrutant par des engagements volontaires et destinée à défendre le sol anglais.

sur la côte méridionale et que les communications télégraphiques avec Douvres menacent d'être coupées, le général anglais envoie quelques pigeons à Londres, pour accompagner un détachement envoyé sur Brighton. Le 5 avril, un de ces pigeons est lâché, porteur de cette dépêche. « L'ennemi ayant attaqué sur les dunes de Staumer-Park, a été complètement défait. »

Le pigeon, lâché à Brighton à neuf heures du matin, n'arriva à Douvres qu'à trois heures trente, parce qu'il n'était qu'imparfaitement dressé et que le temps était brumeux. Cependant par ce moyen et à défaut de communications télégraphiques, le général anglais avait pu, à plus de 100 kilomètres de distance, être tenu au courant.

Le 6 avril, trois pigeons furent lâchés à des heures différentes par les troupes anglaises de Brighton, de même que le détachement ennemi de Brighton envoya un pigeon à ses troupes de Walmer.

Tous quatre remplirent leur mission et arrivèrent à destination entre une heure vingt-cinq et quatre heures quinze du soir, c'est-à-dire avec une vitesse moyenne, eu égard aux conditions de la température. Un des oiseaux arriva sans dépêche, soit qu'elle ait été mal attachée ou que le pigeon ait pu s'échapper avant que la dépêche ait été fixée. Par ce moyen, le détachement anglais de Douvres reçut à une heure quarante-cinq, l'avis que ses troupes de Brighton se concentraient contre Walmer où l'ennemi, fort de sept mille hommes, était en position sur les dunes de Newmaket. Cet avis, fort important pour le général de Douvres, n'aurait pu être communiqué sans les pigeons.

C'est l'Angleterre qui est le plus rétrograde à l'emploi militaire des pigeons voyageurs, car il est à remarquer que ceux qui ont été employés pour les expériences précédentes appartenaient à des particuliers. Pourtant ils pourraient lui rendre de précieux services, aussi bien

pour la surveillance des côtes, que pour établir une communication facile et sûre entre les diverses places fortes ou autres points importants au point de vue militaire.

Cependant, une expérience officielle a été faite, le 20 juillet 1877, sur la vitesse des pigeons. La lutte eut lieu entre l'express de Douvres à Londres, qui fait 110 kilomètres à l'heure, et un pigeon porteur d'un message pour l'ambassade de France. L'avantage fut d'abord pour la locomotive mais comme le parcours du pigeon était de 12 kilomètres plus court, le pigeon arriva vingt minutes avant le train et gagna par conséquent sur lui environ l'espace de 28 kilomètres.

779. Autriche. — L'Autriche a suivi attentivement les expériences françaises. En 1873, se fonda la première société privée, et en 1875 la première station militaire à Conorn. En 1882, il en fut établi une deuxième à Cracovie. A l'instar de l'Allemagne, l'Autriche veut avoir un réseau complet de colombiers militaires, et il est question de créer des stations aux points centraux des régions montagneuses des frontières : à Franzenfeste, pour le Tyrol; à Karlsburg, pour la Transylvanie; à Serajewo, pour la Bosnie, et à Mostar pour l'Herzégovine. Ces stations auraient pour but d'établir une communication rapide par pigeon entre les postes fortifiés et la frontière et les défilés de ces pays de montagnes.

Mais les nécessités budgétaires ne permettent pas de compléter bien vite ce réseau. On compte y suppléer au moyen de sociétés privées dont on encourage les efforts. En outre, le ministère concède gratuitement le matériel en bois nécessaire à l'érection d'un colombier aux officiers et employés de l'État qui s'engagent à élever et à dresser des pigeons en vue du transport des dépêches.

Aux personnes qui ne font pas partie de l'armée, les stations militaires livrent un pigeon de très bonne race pour le prix

modique de 1 franc 10. De plus, les chemins de fer accordent de notables réductions de prix au personnel qui accompagne les pigeons dans les voyages ayant pour but le dressage.

780. Belgique. — La Belgique est un des premiers États qui ait eu des colombiers militaires. C'est d'ailleurs la terre classique des pigeons, et l'on n'y trouve pas moins de mille sociétés colombophiles, ayant ensemble six cent mille pigeons propres au transport des dépêches. Mille cinq cents prix, dont la valeur dépasse 900,000 francs sont distribués chaque année. On sait que c'est la Belgique qui fournit les deux races les plus estimées, dites d'Anvers et de Liège.

781. Espagne. — La fréquence des guerres civiles rendait nécessaire en Espagne, plus que partout ailleurs, la création de pigeonniers militaires, mais ce fut seulement en 1879 que le ministère de la Guerre prescrivit l'installation d'une station militaire à Guadalajara, et en 1880, d'un autre établissement spécialement aménagé pour les expériences. Celles-ci ont été très nombreuses; elles avaient pour but de rechercher l'influence que les diverses conditions de distance, de climat, de régions, etc., peuvent exercer sur le retour des pigeons. Nous en parlerons plus loin.

Les principales espèces employées sont celles d'Anvers et de Liège, ainsi que le *messenger belge*.

Il y a actuellement, paraît-il, des colombiers militaires à Saragosse, Pampeune et Lérida.

782. France. — On a constaté que c'est la France qui a donné à la question des pigeons militaires la solution la plus complète.

Longtemps le gouvernement avait refusé de s'en occuper. Mais M. de la Perre de Roo ayant réussi à faire accepter, à titre gratuit, quatre cent vingt pigeons des meilleurs colombiers, le ministre de la Guerre fit établir, en 1878, un colom-

bier pouvant contenir deux cents couples. Une autre station a été établie au mont Valérien, pour les jeunes sujets.

Des colombiers bien aménagés et bien peuplés sont organisés à Paris, Vincennes, Marseille, Perpignan, Verdun, Lille, Belfort et autres places (notamment à Maubeuge, Valenciennes, etc.) Le ministre vient de créer des stations centrales à Paris et à Langres, et elles sont organisées de telle sorte que, tous les six mois, les pigeons puissent correspondre avec les places principales.

Paris doit communiquer avec Mézières, Verdun, Toul et Langres; Langres avec Belfort, Besançon et Lyon. La distance qui sépare ces diverses places ne dépasse pas 285 kilomètres, et cette distance peut être parcourue en une seule traite de cinq heures au plus avec une vitesse moyenne de 800 mètres à la minute.

Un crédit de 100.000 francs est inscrit chaque année au budget pour les pigeons et la télégraphie optique. Enfin, comme en Autriche, le gouvernement met tout en œuvre pour encourager l'élevage des pigeons voyageurs par les particuliers. Des couples de pigeons sont concédés gratuitement aux militaires de la réserve et de l'armée territoriale, aux personnes d'une honorabilité reconnue et aux possesseurs de colombiers. Il suffit pour en obtenir de s'adresser au Génie militaire.

Enfin, récemment, le général directeur du Dépôt des fortifications a envoyé dans les grandes villes un officier territorial, M. Thomas Cadilhat, pour servir de trait-d'union entre les sociétés colombophiles et les amateurs.

Le ministre désire, en effet, que les sociétés échangent leurs vues au moyen d'un organe spécial, qui contribuerait puissamment à la constitution d'une réserve, à laquelle l'État pourrait avoir recours en cas de besoin. La mission de cet officier a parfaitement réussi, et la *Revue Colombophile* remplit le but précité.

Dernièrement aux grandes manœuvres

du 9^e corps, des particuliers avaient prêté des pigeons pour faire le service de correspondance, et des prix leur furent décernés. De même le général Boulanger a fait, en 1885, des expériences décisives pour relier, au moyen de pigeons voyageurs, le quartier général de Tunis aux divers points de la régence militairement occupés et non reliés par le télégraphe. Ce général utilisa ces messagers pendant la tournée d'inspection qu'il fit dans le sud.

En un mot, toutes les dispositions sont prises pour que, en cas de guerre, le service des pigeons ne soit plus à improviser comme en 1870, et pour assurer un échange de correspondances entre l'autorité centrale, les gouverneurs des forts ou forteresses et les chefs des armées.

En outre, depuis la guerre de 1870-71, il s'est fondé à Paris une société colombophile, et le jardin d'Acclimatation a fait construire un colombier qui peut contenir mille cinq cents couples d'oiseaux voyageurs. L'administration militaire ne manquera pas d'utiliser, au besoin, les ressources que peuvent fournir ces établissements.

Il s'est formé également une société colombophile à Lyon, dont les pigeons ont été classés en quatre catégories, voyageant toujours dans la même direction, de manière à relier cette ville aux divers points de la France.

Enfin, en vertu d'un décret du 15 septembre 1885, le recensement des pigeons voyageurs doit être effectué tous les ans, à l'époque du recensement des chevaux, par les soins des maires, sur la déclaration obligatoire des propriétaires, et au besoin d'office. En outre, dans toutes les communes, les maires prennent les dispositions nécessaires pour être, en tout temps, informés de l'ouverture de nouveaux colombiers affectés à l'élève des pigeons voyageurs.

783. Italie. — On a installé, d'abord comme essai un colombier de cinq cents pigeons à Ancône; actuellement il en

existe douze, pour lesquels il est prévu une dépense annuelle de 12,091 francs 64 centimes.

Le service est confié au Génie, et, dans chaque colombier, les pigeons sont immatriculés de la même manière que les chevaux; ils sont soignés par un sous-officier et un soldat.

En Italie, il n'existe pas de races propres de pigeons voyageurs, et ceux qu'on emploie proviennent, comme dans la plupart des pigeonniers militaires de l'Europe, du croisement de races belges.

En général, soit faute de soins intelligents, soit faute du climat ou de direction bien entendue, les pigeons ne se sont pas reproduits dans de bonnes conditions à Ancône. On a fait également un certain nombre d'exercices de vol, qui n'ont pas toujours réussi. Cela peut tenir surtout à ce que les stations intermédiaires n'ont pas toujours été convenablement choisies, parce qu'elles sont trop éloignées les unes des autres.

On n'en continue pas moins les essais, et l'on espère arriver à perfectionner la race ainsi que l'instruction.

784. Portugal. — Le Portugal paraît avoir des colombiers militaires, tant dans les places fortes que pour la surveillance des côtes.

785. Roumanie. La Roumanie a également préparé le service des pigeons voyageurs.

786. Russie. — La Russie est entrée une des premières dans cette voie. Ainsi l'on prétend que, dès le 10 décembre 1870, M. la Perre de Roo fit part de cette idée au ministre de Russie à Bruxelles. Le gouvernement s'y montra favorable et a, paraît-il, établi des colombiers dans toute la Russie. Toujours est-il que, depuis 1870, il existe un service régulier par pigeons entre Saint-Petersbourg et Krasnoë-Lelo, et que des colombiers considérables sont installés à Kiew, Moscou, Varsovie et en d'autres points.

Pendant les dernières grandes manœuvres

vres, le général Stroukow, commandant une division de cavalerie de la Garde, fit faire des expériences dans le but d'utiliser les pigeons pour le service des renseignements tactiques, en confiant de ces oiseaux aux chefs de patrouilles ou de reconnaissances éloignées. La vitesse du pigeon étant cinq fois celle du cheval, les renseignements arrivaient cinq fois plus vite. D'après le rapport du général, les essais réussirent, et ce procédé de correspondance va probablement être introduit dans la cavalerie indépendante, pour le service d'exploration en avant de l'armée.

La Russie apprécie beaucoup le rôle des pigeons messagers, car elle leur consacre 50,000 francs par an. Il semble que,

en Afghanistan, et dans les possessions extrêmes de l'Asie où le télégraphe n'est pas installé partout, la correspondance par pigeons pourrait servir à combler les lacunes de ce dernier.

787. Congo. — Le lieutenant Van Kerckoven, de l'état-major belge, chef d'une expédition envoyée récemment au Congo par la Commission d'études, a emmené un certain nombre de pigeons voyageurs destinés à entretenir la correspondance entre les diverses stations de l'association africaine.

Nous n'insisterons pas davantage sur cette organisation, les détails qui précèdent suffisant pour constater l'intérêt militaire que les diverses puissances accordent aux pigeonniers militaires.

CHAPITRE VII

OBSTACLES ET MESURES DE PRÉCAUTIONS

§ I. — OBSTACLES

QUI PEUVENT S'OPPOSER AU RETOUR DES PIGEONS

788. Espèces d'obstacles. — Les divers obstacles ou périls qui peuvent empêcher le pigeon voyageur de revenir à son colombier, ou le détourner et le retarder de sa route, sont : 1° les montagnes ; 2° les vents et les tempêtes ; 3° les mers et les cours d'eau ; 4° la distance ; 5° les oiseaux de proie.

789. Montagnes. — Dans les régions montagneuses, l'oiseau est d'abord dérouté, ainsi que des faits nombreux l'ont démontré.

Avant de continuer son trajet, il tire de véritables bordées de droite et de gauche comme pour reconnaître le ter-

rain et chercher sa voie. Il en résulte forcément des retards, et même quelquefois la perte du messager, mais en général celui-ci finit par surmonter cette espèce de difficulté.

C'est ce que vient de démontrer d'une manière concluante une expérience faite récemment dans les Pyrénées par M. Émile Belloc. Quatre-vingt-cinq pigeons voyageurs furent transportés de Toulouse au milieu du massif des Pyrénées ; le trajet s'effectua partie en chemin de fer et partie à bras, et dura deux jours. Cependant, malgré une marche de nuit, un séjour de

plus de trente heures dans une hutte de montagne, une tempête de neige, des glaciers, des pics de 3,000 mètres, c'est-à-dire les conditions les plus désavantageuses, tous les pigeons rentrèrent à Toulouse, le premier au bout de deux heures dix minutes, et le dernier après trois heures et demie.

790. Conditions atmosphériques. — Il est évident que les vents par leur rapidité, leur direction ou leur état hygrométrique exercent une influence sensible sur la marche du pigeon. Non seulement quand les vents sont contraires, l'oiseau fatigué, aveuglé, ballotté, sera obligé de chercher un refuge pour laisser passer la tourmente, et pourra ensuite ne pas arriver à destination ; mais même un vent sec et chaud peut suffire pour provoquer une soif intense, qui troublera et tuera l'animal s'il ne trouve à boire en chemin. D'après M. Dupuy de Podio, quelle que soit la distance, les étapes les plus sûres sont celles au cours desquelles l'oiseau ne trouve ni plaines ni vallées balayées par des vents contraires.

Les brouillards épais déconcertent également les pigeons, qui ne manquent jamais de s'élever au-dessus de la couche interceptée par les brouillards pour retrouver leur orientation et continuer leur route. En cas de pluie, au contraire, le pigeon vole d'autant plus bas que le ciel est plus couvert, parce qu'alors l'électricité répandue dans l'air est plus appréciable à la surface du sol. En pareil cas, ils ne planent guère qu'à 250 mètres du sol, tandis que par les temps clairs ils s'élèvent à 1,000 mètres environ.

Les tempêtes sont une des causes les plus nuisibles à la marche des pigeons. On peut attribuer ce résultat aussi bien à la peur qu'à l'électricité contenue dans l'air.

La neige empêche également le messager ailé de s'orienter, non seulement parce que le froid exerce son action sur lui, mais parce que l'absence de courant lui enlève toute trace de direction.

En principe et à moins d'y être forcé, il ne faut donc pas lâcher les pigeons dans de mauvaises conditions atmosphériques. Il faut veiller également à ce que les pigeons aient bu et mangé avant de partir, sinon ils risquent de s'égarer.

791. Cours d'eau et forêts. — La présence de la mer ou des cours d'eau et de grands bois provoque une certaine hésitation dans les allures du pigeon, qui hésite à traverser ces obstacles. On peut expliquer ce phénomène par le fait qu'au dessus des cours d'eau et des forêts, l'air est plus chargé d'électricité et d'humidité qu'au dessus de la terre et que la température est plus élevée, de sorte que l'oiseau peut s'en trouver désorienté.

Pour les eaux d'une certaine étendue, il est possible également que l'hésitation, quelquefois même son refus absolu, provient de ce qu'il ne veut pas s'engager dans un trajet dont rien ne lui fait prévoir l'issue. En ce qui concerne les forêts, la crainte des oiseaux de proie n'y est sans doute pas étrangère.

792. Distance. — De nombreuses expériences ont prouvé qu'on s'expose à de sérieux mécomptes en voulant dépasser les bornes des facultés locomotrices du pigeon.

Pour apprécier convenablement cette puissance de locomotion, il faut, d'après le docteur Chapuis, tenir compte non seulement de la distance, mais encore de la configuration du sol et surtout des massifs montagneux.

Quelle est la distance qu'il ne faut pas dépasser suivant les différents cas ? Aucune règle précise n'a encore été formulée à ce sujet.

Dans une expérience faite il y a une douzaine d'années, cent soixante pigeons des meilleurs colombiers belges furent lâchés à Madrid : sept seulement rentrèrent à Bruxelles, et après un temps considérable ; les cent quarante trois autres furent perdus. La distance à parcourir était d'environ 1,620 kilomètres.

793. Oiseaux de proie. — Des expériences faites en Espagne ont prouvé que les pigeons qui sentent des oiseaux de proie sur leur parcours ne se hasardent que rarement à poursuivre leur chemin. En général les pigeons ne rentrent pas à leur colombier en pareils cas.

On a constaté, dans les sociétés privées, que nombre de pigeons sont victimes des oiseaux de proie.

Il est à peu près prouvé que en 1870 les Prussiens avaient des faucons dressés à faire la chasse aux pigeons voyageurs.

§ II. — MESURES DE PRÉCAUTION

794. Contre les oiseaux de proie. — Les jeunes pigeons inexpérimentés sont particulièrement exposés à devenir les victimes des oiseaux de proie. Une méthode, préconisée par M. Bion, consiste à enduire, au moyen d'un pinceau, les plumes du corps et de la queue du pigeon au moment du départ, avec la composition suivante : faire infuser, dans un litre d'urine, chauffée à 50°, 30 grammes de tabac à chiquer, et se servir de l'infusion froide. Un oiseau de proie, paraît-il, mourrait de faim à côté de tout gibier semblablement enduit.

Les Chinois emploient dans le même but des instruments attachés à la queue des pigeons et qui fonctionnent par le déplacement de l'air, en produisant un bruissement énergique peu harmonieux, qui effraye et tient éloignés les oiseaux de proie. Ce moyen, indiqué pendant le siège de Paris, ne fut pas pratiqué alors, parce que les colombophiles chargés du service prétendaient qu'il ne faisaient peur qu'aux pigeons eux-mêmes.

795. Contre les abus. — Il faut prévoir le cas où, pendant une guerre, des propriétaires de pigeons en fassent un usage coupable. Non seulement les personnes qui voudront en posséder devront, dès le temps de paix, se soumettre aux conditions d'élevage et autres imposées par le ministre, mais à celles qui seront réglées pour le cas de guerre et qui seront très rigoureuses.

Dans quelques États, la loi a déjà prévu que toutes les personnes qui détiennent ou font usage de pigeons messagers pendant la guerre, sans l'autorisation militaire, seront considérées comme espions et traitées en conséquence.

Cette mesure de précaution est indispensable et devrait être rigoureusement appliquée. De même, une pénalité rigoureuse devrait être portée contre ceux qui tuent des pigeons voyageurs. Une pétition dans ce sens a été adressée, en 1885, au ministre de la Guerre, à Berlin, par des sociétés colombophiles, pour demander une loi protégeant ces pigeons.

D'ailleurs, pendant le vol, on ne peut savoir à quelle nationalité appartient le pigeon, car la direction du vol n'est pas suffisante pour cela, et les races françaises ressemblent sensiblement aux allemandes; il en est de même pour celles employées par les Russes et les Italiens.

Les sentinelles de l'assiégeant devront naturellement veiller avec la plus grande attention sur tous les pigeons qui entrent dans la place ou qui en sortent, et essayer de les atteindre en tirant dessus.

Pour être à l'abri des mystifications, il est urgent de marquer d'un sceau particulier de l'État tous les pigeons envoyés en temps de guerre et d'avoir recours, pour les dépêches, à un chiffre convenu d'avance, afin que, dans le cas où elles viendraient à tomber entre les mains de l'ennemi, celui-ci ne puisse connaître leur contenu.

Applications diverses.

796. Nous avons vu que les services qu'on peut attendre des pigeons voyageurs sont appréciés par toutes les grandes puissances qui ont adopté toutes les dispositions nécessaires pour n'être pas prises au dépourvu sous ce rapport. Notre organisation des colombiers militaires peut être citée en première ligne, comme nous l'avons fait ressortir à l'occasion.

Cependant, on peut se demander pourquoi on n'a pas jusqu'à présent, dans les expériences, combiné l'emploi des pigeons avec celui des ballons libres, qui, comme le prouvent des exemples de ballons lancés pendant le siège de Paris, peuvent se perdre ou tomber entre les mains de l'ennemi. Des pigeons lâchés en temps utile viendraient rassurer sur le sort de l'aérostat, ou au moins le faire connaître. C'est ainsi que, dans une ascension faite à Bayonne, au mois de février 1886, des pigeons avaient été emportés dans le ballon, dont on fut sans nouvelles pendant deux jours. Les pigeons rentrèrent au colombier et l'un d'eux était porteur de la dépêche suivante: « Atterrissage, à deux heures du matin, à l'altitude de 800 mètres sur le pic Gabiso (Hautes-Pyrénées)... etc. » C'est là une application qui nous paraît devoir être signalée et imitée.

797. De même, des pigeons élevés sur un navire ont fait des traversées considé-

rables avec ce navire et ne l'ont quitté que momentanément, pour aller sur un autre vaisseau ou à terre, mais toujours pour y revenir.

798. Enfin, pour que les pigeons reviennent vers un point déterminé où est leur colombier, d'une autre localité plus ou moins éloignée, il faut d'abord les transporter en ce dernier point. Il serait donc bien préférable d'avoir des pigeons voyageurs dressés à s'envoler d'un certain point vers un autre et à retourner spontanément vers le lieu de départ. La solution du problème n'est pas impossible, et, d'après la *Nature* du 16 octobre 1886, un habile dresséur de pigeons voyageurs, M. Bronkhorst, l'aurait résolu à Haarlem (Pays-Bas). En effet, il a réussi à dresser des pigeons à voler de Leyde à Haarlem et à retourner d'eux-mêmes de Haarlem à Leyde. Des expériences authentiques et concluantes, entourées des précautions les plus minutieuses et des garanties les plus certaines, ont prouvé le fait.

M. Bronkhorst prétend en outre que, par sa méthode, l'instinct et la sagacité des pigeons se développent admirablement; qu'ils volent par tous les temps, en été comme en hiver, et qu'ils ne se perdent que rarement. La pluie et le brouillard ne les arrêtent même pas.

Malheureusement, jusqu'à présent M. Bronkhorst n'a pas voulu faire connaître son secret pour arriver à ce résultat. Mais la voie est indiquée, et il ne paraît pas impossible que, en cherchant avec méthode, d'autres amateurs n'obtiennent le même succès.

SCIENCES APPLIQUÉES A L'ART MILITAIRE

QUATRIÈME PARTIE

AÉROSTATION MILITAIRE

GÉNÉRALITÉS

799. A peine les ballons avaient-ils fait leur apparition que l'on chercha à les utiliser pour les besoins de la guerre, ainsi que du reste cela a lieu pour toutes les découvertes faites dans le domaine des sciences et de l'industrie. Ce furent surtout les services que ces appareils rendirent pendant le siège de Paris qui firent connaître l'utilité qu'il y aurait à organiser cette branche dès le temps de paix, pour qu'elle pût fonctionner régulièrement et complètement au moment du besoin, ainsi qu'on l'avait fait pour les colombers militaires.

Mais ici le problème était plus complexe, parce qu'il ne reposait pas sur des données bien certaines et qu'il laissait beaucoup de place à l'inconnu, en outre, la question exigeait des études préalables fort variées et très développées, où la théorie devait s'allier à la pratique, c'est-à-dire qu'il fallait des spécialistes ayant en même temps des aptitudes particulières, qu'il ne paraissait guère possible de trouver de prime-abord dans l'armée.

Cependant ceux-ci ont non seulement organisé le service d'une manière complète et méthodique en ce qui concerne les données acquises sur le sujet, mais encore ils ont cherché à le développer et, aidés des travaux de leurs devanciers, MM. les capitaines Renard et Krebs, ont, les premiers, réussi à résoudre le problème si important de la direction des ballons dans certaines conditions données. A tous les points de vue, la découverte des ballons appartient à la France et la gloire ne peut lui en être contestée.

En outre par les services qu'elle a rendus et qu'elle est plus que jamais appelée à rendre aux armées, l'aérostation est une science bien militaire, et que par conséquent les militaires doivent connaître. Nous entrerons à son sujet dans les développements nécessaires en suivant l'ordre ci-après : 1° Définitions et notions générales permettant de suivre les explications ultérieures ; 2° historique général ; 3° ascensions scientifiques ; 4° direction des ballons ; 5° aérostation militaire ; 6° état actuel de

la question dans les principales armées européennes, au moins d'après les renseignements publiés; 7° rôle des ballons à la guerre; 8° la photographie et le tir en ballon; 9° conditions à remplir par les ballons au point de vue militaire.

CHAPITRE PREMIER

§ 1^{er} — NOTIONS GÉNÉRALES

800. Aérostat. — Le mot aérostation est tiré du grec et composé de *aer*, air, et d'une forme dérivée de *istemi*, qui signifie poser.

On sait qu'un aérostat est un appareil dont le poids total est plus léger que celui du volume d'air qu'il déplace, de sorte que, en vertu d'un principe de physique fort connu, il peut s'élever dans l'atmosphère.

Cet appareil se compose de deux parties principales : le ballon et la nacelle, et de parties accessoires qui sont les engins et agrès.

801. Ballon — Le ballon qui sert de moteur consiste en une enveloppe mince renfermant un gaz plus léger que l'air et que l'on rend imperméable au moyen d'un vernis pour ne pas laisse réchapper le gaz.

Les appareils au moyen desquels ont été faites les premières expériences aérostatiques ont reçu, à cause de leur forme sphérique, le nom de *ballons*, qu'ils ont toujours conservé, et de plus le mot ballon est admis comme représentant l'appareil aérostatique tout entier, de sorte qu'on l'emploie indifféremment dans le sens d'aérostat au même titre que ce dernier. On sait que depuis on a donné aux ballons des formes bien différentes de la forme sphérique; les ballons dirigeables sont allongés en forme de poisson.

L'*enveloppe*, aussi légère et aussi solide que possible, doit être de préférence en soie; toutefois, vu le prix élevé de cette étoffe, on peut la remplacer par de la mousseline. L'étoffe est coupée par bandes étroites aux deux bouts et plus larges au milieu, appelées *fuseaux*. Ceux-ci sont réunis par des coutures que l'on aplatit et que l'on recouvre d'une nouvelle couche de vernis, pour ne laisser aucun passage à l'air. Pour les petits ballons d'essai, on emploie la baudruche.

La partie supérieure du ballon est munie d'une *soupape* formée de deux clapets, que des tiges en caoutchouc tiennent fermés et que l'on peut ouvrir de la nacelle, en tirant sur une corde qui s'y trouve fixée.

Pour permettre de remplir le ballon et aux gaz dilatés de s'échapper, celui-ci présente à sa partie inférieure, un orifice béant, auquel on donne le nom d'*appendice*.

802. Nacelle. — C'est une sorte de panier en osier suspendu au ballon, qu'il entraîne avec lui, et dans lequel se placent les observateurs, appelés *aéronautes*.

La nacelle n'est donc pas autre chose que le véhicule. Sa forme est également variable. La nacelle est suspendue, par l'intermédiaire d'un cercle en bois et de cordelettes, à un *filet* tout en coton qui

recouvre la moitié supérieure de l'enveloppe et qui se relie par une couronne au cadre de la soupape, dans le cas de ballons sphériques.

803. Agrès. — Les agrès d'atterrissage sont fixés au cercle en bois; ce sont les ancres et le guide-rope d'une manière générale.

804. Les Ancres étaient naguère semblables à celles employées dans la marine et on les jetait au moment où le ballon touchait terre, pour éviter d'être traîné ou ballotté. Nous verrons que ces engins ont été bien perfectionnés.

805. Le Guide-Rope. — Est une corde noueuse de 100 à 150 mètres de long, qui en traînant sur le sol, vient s'accrocher aux broussailles et agit sur le ballon en marche à la manière d'un frein; il prépare et amortit ainsi le coup violent résultant de la prise des ancres.

806. Instruments. — Un certain nombre d'instruments doivent être à la portée des aéronautes pour faire des signaux, observer, modifier la marche de l'aérostat, etc. On peut citer en général les suivantes : drapeaux, baromètre, thermomètre, boussole, jumelle, lunette, etc. Nous entrerons plus loin dans plus de détails à ce sujet.

Il faut également des *sacs de lest* (sacs remplis de sable) pour régler l'ascension, ou modifier la descente du ballon, les sacs doivent, de même que les instruments, être placés à portée de la main dans la nacelle.

807. Espèces de gaz employés. — Les premiers aérostats inventés par les frères Montgolfier, et qui portent le nom de *montgolfières*, étaient gonflés avec de l'*air chaud*. Un feu de paille et de laine hachée était allumé sous un ballon de papier, percé à sa partie inférieure d'une ouverture circulaire. Pour entretenir la chaleur et prolonger l'ascension, un panier en fil de fer, contenant des éponges imbibées d'alcool, était suspendu au-dessous de l'ouverture. Les dangers d'in-

cendie du ballon et la facilité de se procurer d'autre gaz dans de meilleures conditions, ont fait depuis longtemps renoncer à peu près à ce procédé.

On eut ensuite recours à l'*hydrogène*. Ce fut le physicien Charles qui en fit usage le premier en 1783. Le compte rendu de l'expérience des frères Montgolfier n'indiquait pas l'espèce de gaz employé. Mais, se basant sur des expériences faites par Covallo, qui avait découvert que l'hydrogène est beaucoup plus léger que l'air, Charles n'hésita pas à gonfler avec ce gaz son premier ballon, auquel il put même donner un diamètre plus petit. Il employa également la soie pour l'enveloppe et l'enduisit de vernis. Mais l'hydrogène présente les inconvénients suivants : 1° Il est difficile de se le procurer en grande quantité; 2° il traverse les enveloppes malgré tous les vernis. On ne l'emploie donc que lorsqu'on ne peut faire autrement.

Aujourd'hui l'hydrogène est presque remplacé partout par le *gaz d'éclairage*, que l'on peut se procurer facilement. Mais, comme ce dernier est plus lourd que l'hydrogène, il faut un ballon plus grand pour obtenir la même force ascensionnelle.

D'autres gaz, dont il sera question plus tard, ont été également étudiés de manière à pouvoir être produits partout rapidement à l'aide de matériaux et d'engins peu encombrants transportés à la suite des armées.

808. Force ascensionnelle. — La force ascensionnelle d'un ballon, c'est-à-dire le poids qu'il peut enlever, est égale à la différence entre le poids total qu'il déplace et le poids du volume de gaz enfermé dans l'enveloppe, ces volumes étant d'ailleurs les mêmes. On peut dire aussi que c'est la résultante des pressions exercées sur l'enveloppe par le gaz enfermé et par l'air extérieur.

Cette force est donc proportionnelle au volume du ballon. On a constaté par ex-

périence qu'elle est de 700 grammes par mètre cube de gaz d'éclairage, et de 1100 grammes par mètre cube d'hydrogène. Habituellement le ballon n'est pas complètement gonflé au départ, car s'il en était ainsi quand le ballon s'élèverait à une certaine hauteur, la pression extérieure devenant plus faible, en raison de la raréfaction de l'air, que la pression intérieure demeurée la même, le ballon éclaterait par la différence des pressions à la manière d'une vessie qui crève,

Pour éviter la rupture de l'enveloppe, tout en laissant le ballon constamment gonflé pendant son ascension, il faudrait le maintenir ouvert de manière à pouvoir laisser échapper le gaz, lorsque les pressions intérieures tendraient à augmenter, tout en évitant de laisser l'air pénétrer par cette ouverture.

Le problème a été résolu par la conservation de la manche qui sert au gonflement et qui, sous le nom de *manche d'appendice*, joue le rôle de soupape automatique.

Les dilatations que subit le volume du gaz par le fait de la chaleur ou de l'ascension entraînent une perte de gaz et par suite une perte de force ascensionnelle.

Un aérostat peut donc partir avec une force ascensionnelle très faible, car cette force ne varie pas quand s'élève le ballon, tant que celui-ci n'est pas complètement gonflé. A partir de ce moment, le volume de l'air déplacé ne change plus, mais sa densité diminue avec la pression, la poussée et la force ascensionnelle vont diminuant jusqu'à se trouver en équilibre, de sorte que le ballon ne montera plus et se mouvra simplement dans le sens horizontal, car les couches supérieures de l'atmosphère entraînent l'aérostat par leurs courants très rapides. Pour faire monter encore l'aérostat ou pour le maintenir en l'air, s'il tend à descendre, il suffit de jeter du lest.

Quand l'aéronaute veut descendre, il tire sur la corde de la soupape de ma-

nière à ouvrir cette dernière, ce qui laisse échapper le gaz intérieur, qui est remplacé par l'air extérieur. En ouvrant trop longtemps la soupape, le ballon pourrait descendre trop rapidement, mais on jette du lest pour atténuer la vitesse de la descente. En jetant du lest et en ouvrant la soupape alternativement, l'aéronaute peut modifier sa descente de manière à choisir le lieu d'arrivée et à se poser sans secousse sur le sol, quand le vent est faible. Quand il approche de terre, le ballon ayant acquis une vitesse horizontale, devrait raser la surface du sol et s'y déchirer, C'est ce que l'on évite en laissant traîner le guide-rope.

Enfin, quand on touche terre, la nacelle cesse de peser sur l'aérostat, celui-ci remonte aussitôt pour redescendre ensuite, ce qui produit une série d'oscillations et de ballottements, qui peuvent être dangereux, mais auxquels on remédie en jetant l'ancre ou, dans les localités habitées, en faisant maintenir l'aérostat.

Quant le vent souffle avec force, au moment où elle touche terre, la nacelle est presque toujours traînée sur le sol ou heurtée contre les obstacles, et la position des aéronautes peut devenir très périlleuse.

809. Poids mort. — Le poids de l'enveloppe et des différents agrès diminue beaucoup la force utile des aérostats, et l'on s'est ingénié à répartir toujours également le travail entre les divers organes de façon à réduire autant que possible les dimensions et le poids des agrès employés.

Un ballon et tous ses agrès avec deux aéronautes pesant, par exemple, 500 kil, la force ascensionnelle devra être au moins suffisante pour enlever ce poids.

810. Mode d'emploi. — Les aérostats peuvent être employés soit à l'état libre, soit comme ballon captifs.

811. Les ascensions libres permettent de communiquer sûrement avec l'extérieur, à la condition que le ballon

ne tombe pas entre les mains de l'ennemi. Jusqu'en 1885 on n'avait pas trouvé le moyen de faire arriver un ballon à un point déterminé, c'est-à-dire à diriger les ballons, mais aujourd'hui, dans des conditions déterminées, on est à même, avec un aérostat dirigeable, aussi bien de donner des nouvelles d'une place assiégée que d'en recevoir de l'extérieur. Il sera également possible de s'en servir avec avantage pour les reconnaissances militaires.

812. *Les ballons captifs*, c'est-à-dire les ascensions dans lesquelles le ballon, relié au sol par un câble, ne peut s'élever qu'à une certaine hauteur, ne permettent que de servir d'observatoires, d'où l'on découvre le nombre, la position et les mouvements de l'ennemi; ils permettent également de régler rapidement le tir de l'artillerie, puisque de leur position élevée, on aperçoit en même temps le point de départ et le but.

§ II. — AVIATION.

813. *Essais généraux.* — Avant d'entrer dans le détail de l'étude des aérostats, nous devons dire quelques mots des essais qui ont été faits de tous temps, et qui se poursuivent encore aujourd'hui pour se frayer une route dans les airs, en imitant le vol des insectes et des oiseaux. Les premières recherches faites par l'homme pour planer dans l'air, eurent pour but de chercher à imiter ce vol par des moyens mécaniques. On a cru toucher de plus ou moins près la solution, et des expériences faites en petit ont laissé supposer qu'on pouvait la réaliser. Mais, d'après le témoignage des savants, les études faites dans cette voie sont forcément condamnées à l'impuissance.

Les aviateurs, qui espèrent résoudre le problème de la locomotion aérienne au moyen d'appareils plus lourds que l'air, ont poussé leurs investigations, dans tous les sens; on peut cependant ramener à trois les divers types proposés :

1° Les orthoptères (*ailes plates*); 2° les hélicoptères, et 3° les aéroplanes.

814. *Orthoptères.* — Les systèmes de ce genre, dans lesquels on a cherché à imiter le mouvement des ailes des oiseaux, ont pour organes principaux des surfaces animées de mouvement à peu près verticaux; on doit ranger dans cette catégorie les systèmes munis de palettes qui se placent horizontalement pour

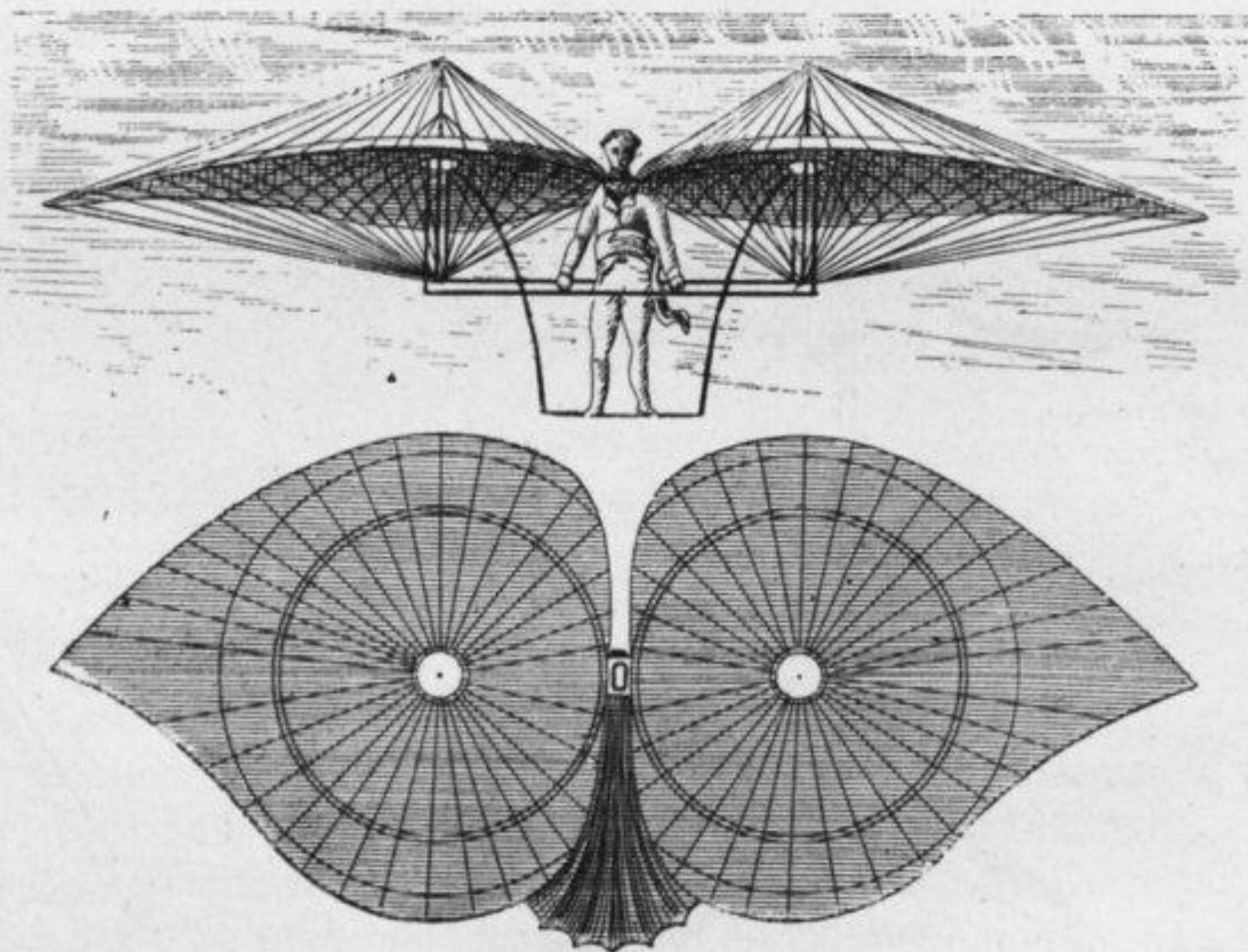


Fig. 379.

battre l'air et se relèvent verticalement. Cette méthode a pour principe le parachute; pour fixer les idées, on peut sup-

poser deux parapluies, dont chacun se déploie pour soutenir le corps et se ploie pour remonter.

Nous mentionnerons, à titre de curiosité, l'appareil de ce genre inventé par Deghen, en 1812 (*fig. 379*). Il avait imaginé de se servir d'un petit ballon capable tout juste de le soutenir dans l'air, et qu'il comptait diriger en tout sens au moyen de grandes ailes qu'il ferait mouvoir. Il était suspendu à son ballon par une ceinture de cuir qui embrassait aussi les cuisses, ayant ainsi les mains et les pieds libres.

Ajoutons qu'aucune machine de ce genre n'a donné de résultats appréciables, et que la plupart des hommes volants ont trouvé la mort en voulant essayer leur système. Ce genre d'appareils ne peut réussir, car il ne s'agit que du parachute employé seul, on n'est pas maître de la direction, et la force humaine est tout à fait insuffisante pour actionner utilement des ailes artificielles.

815. Hélicoptères. — Les hélicoptères

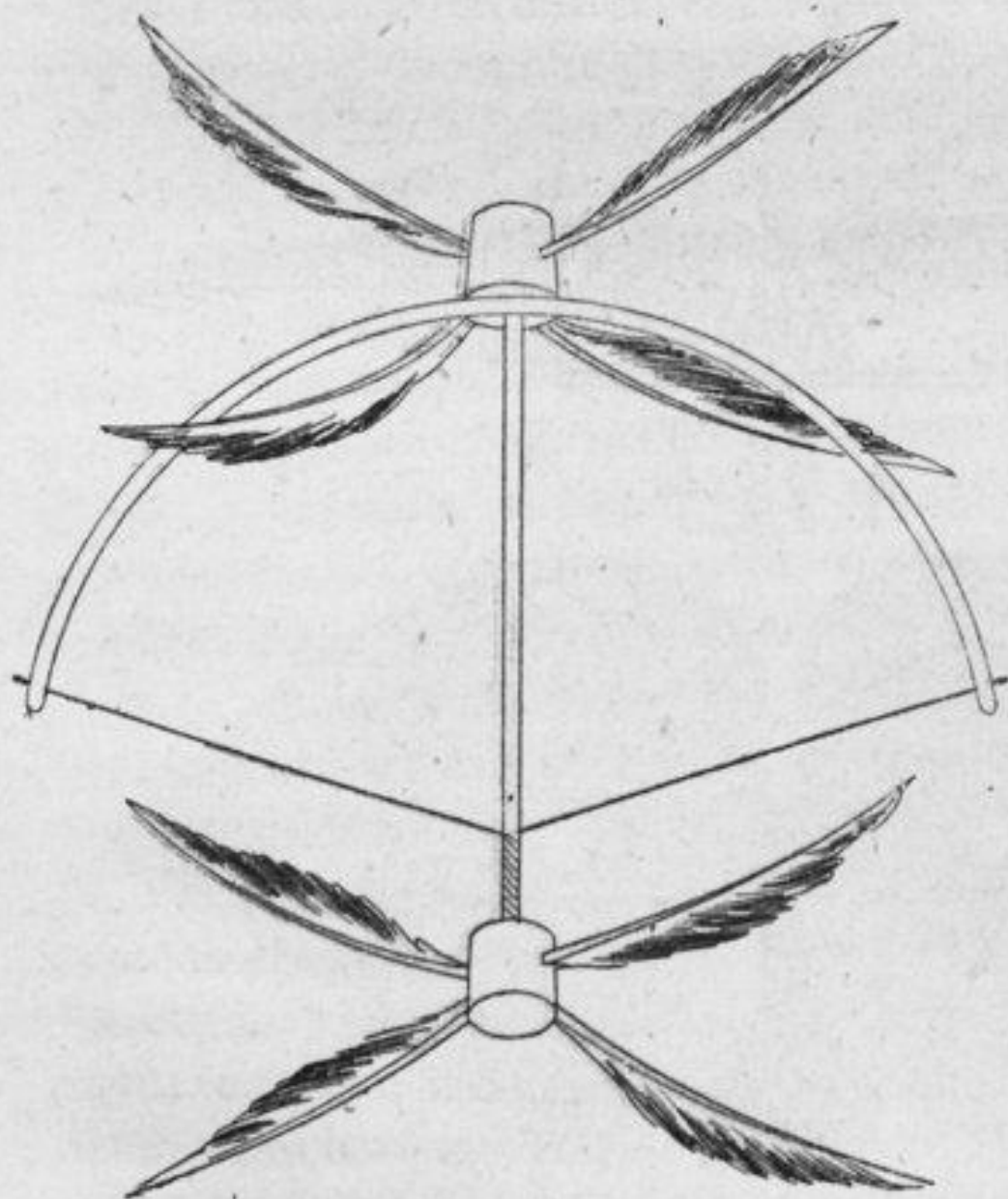


Fig. 380.

se soutiennent en l'air à l'aide d'hélices qui tournent autour d'un axe; c'est le

système qui a réuni le plus grand nombre d'adhérents et fourni les tentatives les plus sérieuses.

Mais tous les hélicoptères, pour la plupart coûteux et délicats, se brisant facilement en retombant, n'ont donné d'autre résultat pratique que l'hélicoptère-jouet, construit par M. Dandrieux d'après les principes et les recherches d'Alphonse Pénaud. Sous l'action du ressort de caoutchouc (*fig. 380*) l'hélice tourne et s'élève à quelque mètres de hauteur, avec les ailes de papillon en papier mince dont elle est agrémentée.

816. Aéroplanes. — Le principe de cet appareil consiste à maintenir en l'air de vastes plans inclinés d'un petit angle sur l'horizon, auxquels des hélices propulsives communiquent un rapide mouvement de translation. L'aéroplane prend appui sur l'air comme le cerf-volant, mais il diffère de ce dernier en ce que son mouvement est déterminé par le moteur qu'il entraîne avec lui, et non par la traction d'une corde le reliant à la terre.

Les projets d'aéroplanes sont innombrables, mais en général absolument chimériques, bien qu'on ne parle de ce genre d'appareil que depuis 1842.

Alphonse Pénaud est le seul expérimentateur qui ait obtenu de bons résul-

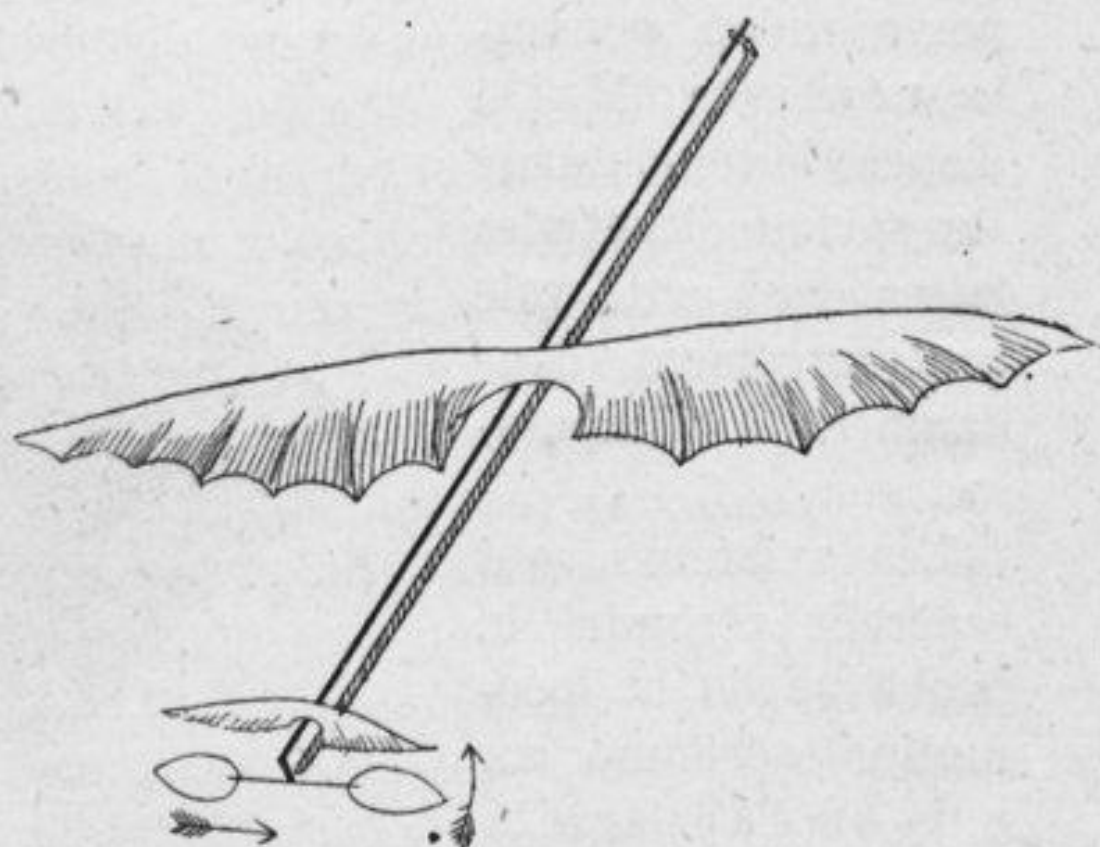


Fig 381.

lats au moyen d'un aéroplane de petites dimensions (*fig. 381*), dans lequel une

hélice à deux pales est mise en mouvement par la détorsion d'une lanière de caoutchouc fixée aux extrémités d'une tige en bois. La mort prématurée de cet inventeur l'a empêché de continuer ses recherches et de poursuivre la réalisation d'aéroplanes de grandes dimensions.

En principe, cependant, il n'est guère possible de croire à la réussite de ces appareils ; car, en supposant qu'ils puissent monter et descendre dans une direction ou dans l'autre, on est bien forcé d'admettre qu'ils seront entraînés avec la masse d'air en mouvement, dans lequel ils sont immergés. On objectera que

M. Victor Tatin, entre autres, a aussi réussi des expériences faites en petit avec des aéroplanes, mais aucune expérience pratique en grand n'a encore réussi.

Malgré l'incontestable intérêt des études et des constructions exécutées, le problème de la navigation aérienne n'a pu être réalisé encore par *le plus lourd que l'air*. Il ne faudrait pas cependant le croire impossible, car la science fait des progrès tous les jours, mais il faut que la mécanique fasse de nouvelles découvertes pour arriver à trouver des moteurs plus légers que ceux qu'on a exécutés jusqu'à présent.

817. *Aérostats à voiles ou à rames.* —

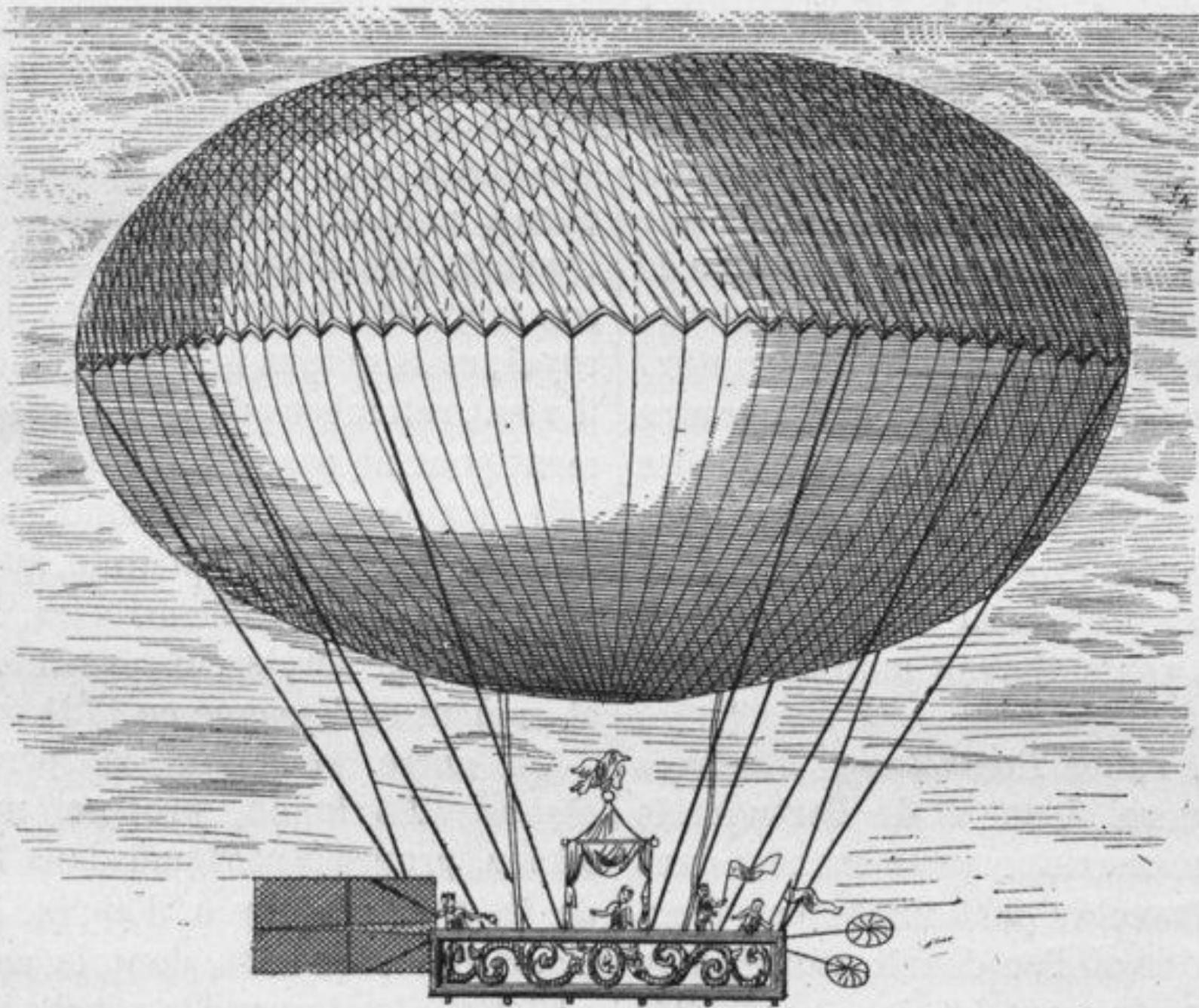


Fig. 382.

On sait qu'il n'y a pas de vent en ballon et qu'une voile qui y serait fixée resterait flasque. Aussi ne parlerons-nous des ballons qu'on propose de diriger au moyen de voiles, même actionnés par une soufflerie, que comme d'une utopie. Nous donnons, à titre de spécimen le ballon à rames imaginé par les frères Robert en 1784 (*fig. 382*).

L'expérience a démontré qu'il n'y a rien à attendre des aérostats à rames, à palettes ou à godilles mus à bras d'homme, à cause de l'imperfection du propulseur et de l'insuffisance du moteur humain. Il en est de même pour les nombreux projets basés sur les systèmes d'aspiration ou de refoulement d'air par des souffleries actionnées par des hommes.

Le terrain étant ainsi dégagé, nous n'avons plus à nous occuper que des ballons qui peuvent être dirigés par des moteurs à vapeur ou électriques ou naturellement par l'utilisation des courants aériens ou des ballons que l'on laisse circuler au gré des vents.

CHAPITRE II

HISTORIQUE.

§ I. — AVANT LES FRÈRES MONTGOLFIER.

§18. A part les essais d'aviation faits depuis la plus haute antiquité et dont la fable aussi bien que l'histoire ont conservé la trace, ce n'est qu'en 1670 que l'idée réelle des ballons fut émise par le jésuite Pierre Lana. Dans un ouvrage publié à Brescia, il donne la description d'une barque volante suspendue à quatre grandes sphères en cuivre, dans lesquelles on ferait le vide pour les rendre plus légères que le volume d'air déplacé. Croyant qu'un aérostat était sensible à l'action des vents, il avait muni sa barque d'une voile.

En 1709, l'abbé *Barthélemy Laurenço* présenta au roi Jean V de Portugal le projet d'une machine pour monter dans l'air et y franchir 200 lieues par jour. Cette machine, où l'on devait utiliser à la fois l'action du vent et les propriétés électriques de l'ambre, portait deux sphères qui contenaient le secret attractif (le vide) et une pierre d'aimant. Naturellement ce projet chimérique ne fut pas exécuté.

Au début du XVIII^e siècle, le moine *Gusmão* ou *Guzman* conçut le projet d'une machine permettant de voyager au sein de l'air, et d'après certains récits, l'auteur aurait eu recours, pour moteurs, à l'électricité et au magnétisme combinés.

Il ressort plutôt d'une expérience faite devant le même roi Jean de Portugal, que l'on avait à faire à un aérostat à air chaud, mais on n'est pas fixé à ce sujet. Il paraît que *Guzman* put s'élever dans son appareil jusqu'au faite du palais royal; mais, s'étant heurté à une corniche, il vint retomber sur le sol assez doucement pour ne pas se faire de mal.

Il s'apprêtait à recommencer son épreuve, lorsque l'Inquisition, qui n'aimait pas les nouvelles découvertes, le fit arrêter comme sorcier. Il réussit à s'évader et mourut en Espagne en 1724.

Un autre religieux, le père *Joseph Galien*, d'Avignon, proposa un navire aérien, propre à naviguer dans la région de la grêle où il y a, d'après lui, deux couches superposées, dont la couche supérieure pèse 1 quand la couche inférieure pèse 2. A côté de ce projet invraisemblable, on peut signaler la machine monstre de l'abbé *Desforges* qui devait faire 30 lieues à l'heure et ne put même pas s'enlever (1772).

Nous ne ferons que mentionner en passant les descriptions de machines pouvant circuler dans l'air, données par *Cyrano de Bergerac*, *Swift*, *Restif de la Bretonne*, *M. de la Folie*, etc., et qui font simplement honneur à l'imagination des

auteurs. Des travaux de *Léonard de Vinci* (xv^e siècle), il résulterait qu'il a eu l'idée de l'hélicoptère, imaginé le parachute et inventé le propulseur à hélice, qu'il avait même songé à utiliser pour la locomotion aérienne. Malheureusement ses croquis et ses notes informes sont restées indéchiffrables.

Blanchard, qui devait devenir un célèbre aéronaute, reprit l'idée d'une machine volante qu'avait eue le moine Roger Bacon au xiii^e siècle.

Les découvertes chimiques qui eurent lieu dans le courant du xiii^e siècle exercèrent une influence sensible sur la découverte des ballons.

Wallis, en 1761, expliquait avec une précision absolue les conditions d'équilibre des gaz, qui se placent, comme les liquides, d'après leur ordre de densité.

Vint, en 1866, la découverte de Cavendish, constatant que l'hydrogène est beaucoup plus léger que l'air. Dès l'année suivante, le docteur Black, d'Edimbourg, eut le premier l'idée d'utiliser cette légé-

reté spécifique de l'hydrogène, pour enlever un poids, mais il ne fit pas d'expérience.

Ce fut l'anglais *Tibère Covallo* qui, en 1782, trouva le moyen de gonfler d'hydrogène des bulles de savon, qui s'élevaient dans l'atmosphère. Mais, quand il voulut appliquer le principe à des récipients en papier et même à des vessies, il fut obligé de reconnaître que l'hydrogène passait à travers le récipient, comme l'eau au travers d'un crible. Covallo était donc bien près de la solution, à laquelle il aurait pu arriver en cherchant à rendre imperméable les tissus destinés à renfermer l'hydrogène.

Ce fait curieux fut mentionné par le célèbre Priestley dans son *Traité des airs* qui fut immédiatement traduit en français et dont la lecture inspira les frères Montgolfier.

Il faut bien convenir que ce ne sont pas les notions ni les essais informes que nous venons de rapporter qui peuvent enlever aux frères Montgolfier la gloire d'avoir imaginé et construit le premier aérostat.

§ II. — DEPUIS LES FRÈRES MONTGOLFIER.

819. *Les aérostats des frères Montgolfier.* — Etienne et Joseph Montgolfier étaient les fils d'un habile fabricant de papier d'Annonay. Tous deux avaient de grandes dispositions pour l'étude des sciences physiques et mathématique.

Mais Etienne, qui avait étudié l'architecture à Paris avec Soufflot, était plus froid et plus prudent que Joseph qui, en revanche, était doué de brillantes qualités d'imagination, de sorte que l'on peut dire que les deux frères se complétaient, l'un l'autre, à tel point même qu'on ne sait au juste auquel des deux revient le mérite ou la meilleure part de la découverte qui les rendit célèbres.

L'ouvrage de Priestley, dont il est question plus haut, fut étudié par Etienne,

qui comprit que, pour s'élever dans l'atmosphère, il suffisait de renfermer, dans une enveloppe d'un faible poids, un gaz plus léger que l'air. Après divers essais infructueux pour emprisonner l'hydrogène ou avec d'autres gaz, les frères Montgolfier imaginaient d'obtenir un gaz ayant des propriétés électriques en faisant brûler ensemble de la paille légèrement mouillée et de la laine. A leur grande joie ils constatèrent que la combustion de ces ingrédients, au-dessous d'une enveloppe de toile ou de papier, provoquait l'ascension rapide de l'appareil. L'ascension s'expliquait simplement par la dilatation de l'air échauffé et sans aucune action de l'électricité.

Après quelques essais faits à Avignon,

vers la fin de 1782, avec des appareils cubant environ 2 mètres, puis à Annonay avec un ballon à air chaud qui pouvait contenir 20 mètres cubes, ils se décidèrent à faire connaître publiquement leur découverte. L'expérience eut lieu le 5 juin 1783, en présence des Etats du Vivarais et d'un grand concours de spectateurs.

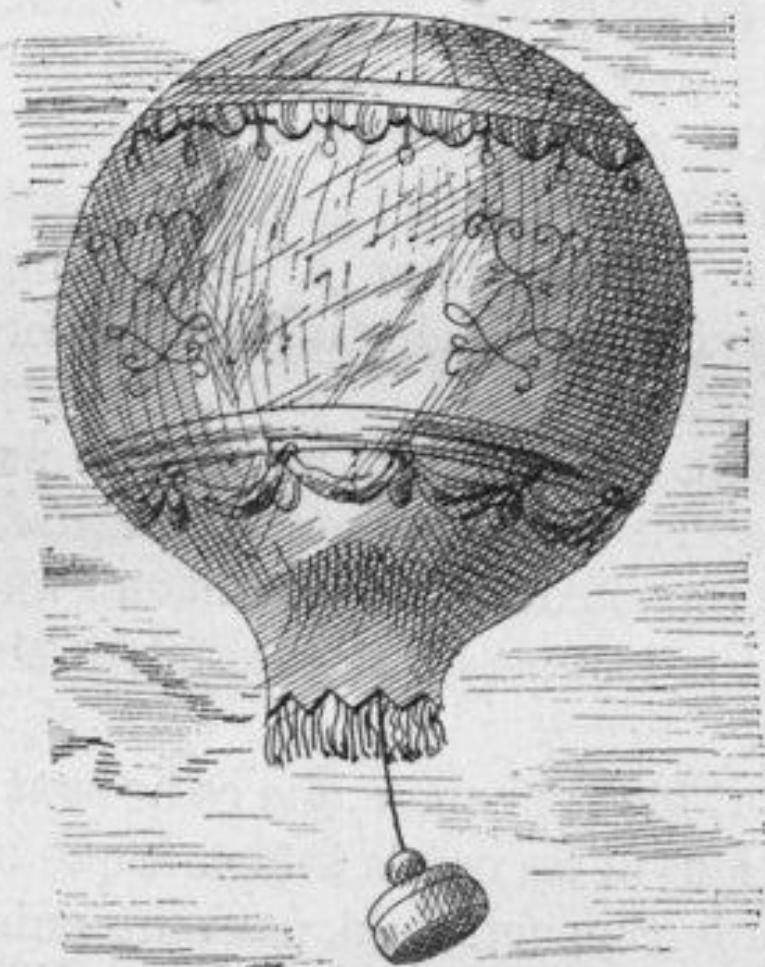


Fig. 383.

Le ballon, à peu près sphérique, avait 12 mètres de diamètre, il était fait en toile d'emballage, doublé de papier cousu sur un réseau de ficelles fixées aux toiles. On le gonfla en brûlant sous son orifice de la paille hachée et de la laine, et en quelques minutes, il s'éleva à une hauteur de 500 mètres (fig. 383).

820. — *Charles et Robert.* — Lorsque les détails du succès de l'expérience furent connus, il en résulta dans toute la France un enthousiasme indescriptible, surtout à Paris où, sans attendre les lenteurs d'une deuxième expérience officielle, on résolut d'avoir sans retard une machine aérienne comme celle d'Annonay. Une souscription publique ouverte dans ce but recueillit 10,000 francs dans l'espace de quelques jours. Les frères *Robert*, habiles constructeurs d'instruments de physique, furent chargés de l'entreprise sous la direction du jeune et célèbre professeur de physique *Charles*,

Ce dernier, ignorant avec quel gaz les frères Montgolfier avaient gonflé leur ballon, n'hésita pas à adopter l'hydrogène. Il se concerta avec ces derniers pour construire un ballon de taffetas enduit de gomme élastique, auquel il put ne donner que 4 mètres de diamètre en le gonflant avec de l'hydrogène. Cette dernière opération, faite d'une manière primitive, exigea beaucoup de temps, parce que l'on perdit une quantité énorme de gaz. Enfin, après de nombreuses difficultés, le ballon fut transporté tout gonflé des ateliers des frères *Robert* au Champ de Mars et lancé le 27 août 1783, en présence d'une foule ravie et enthousiasmée. Après être monté en deux minutes à 1,000 mètres et être resté trois quarts d'heure en l'air, l'aérostat redescendit à Suresnes, au milieu d'une troupe de paysans qui en eurent peur d'abord, et qui, une fois rassurés, le mirent en pièces pour se venger de la terreur qu'ils avaient éprouvée. Le gouvernement crut même nécessaire à ce sujet de publier un avis informant le peuple de la nouvelle invention, et touchant le passage et la chute des machines aérostatiques.

821. *Expériences de Montgolfier à Versailles.* — Cependant Etienne Montgolfier était venu à Paris pour répéter, devant l'Académie, l'expérience de son ballon à feu. Cette expérience eut lieu le 19 septembre 1783, dans la grande cour du château de Versailles et en présence de la famille royale. Le ballon, de forme sphérique, était construit en toile de coton; il avait 14 mètres de diamètre et cubait environ 2,000 mètres. Il atteignit rapidement une grande hauteur, mais une déchirure s'étant produite, il vint retomber, dix minutes après son départ, dans les bois de Vaucresson, à 2 kilomètres de Versailles. Une cage contenant un mouton, un coq et un canard était suspendue au ballon; ces animaux arrivèrent à terre sans accident.

822. *Première ascension captive.* —

Cependant *Montgolfier* trouva un collaborateur ardent et dévoué dans *Pilâtre de Rozier*, directeur du Musée royal.

Encouragé par le résultat du 19 septembre, *Pilâtre* alla trouver *Montgolfier* et lui proposa de s'attacher au-dessous d'une montgolfière, entreprise la plus folle qu'on put imaginer alors. Il fut chargé de la partie expérimentale, pendant qu'*Étienne Montgolfier* dirigeait la construction.

Les premiers essais eurent lieu au faubourg Saint-Antoine, chez Réveillon, dans un ballon de 15 mètres de diamètre sur 20 de hauteur, et pouvant contenir 20,000 mètres cubes d'air. Ce ballon, relié au sol par un câble ne lui permettant pas de s'élever à plus de 70 mètres, avait, à sa partie inférieure, une galerie circulaire d'osier propre à recevoir des voyageurs. On avait emmagasiné, dans une partie de cette galerie, une provision de paille pour donner aux aéronautes la faculté de s'élever à volonté en activant le feu. Après plusieurs expériences faites les 15 et 19 octobre par *Pilâtre* d'abord seul, puis avec le *marquis d'Arlandes* et *M. Giroux de Villette*, le premier voyage aérien fut décidé.

823. *Première ascension libre, de Pilâtre de Rozier et du marquis d'Arlandes.* — Pour éviter l'encombrement dans les rues de Paris, on transporta l'aérostat au château de la Muette, où *Pilâtre de Rozier* et le *marquis d'Arlandes* exécutèrent le 21 novembre 1783 le premier voyage aérien (fig. 384). L'aérostat s'éleva d'abord à une hauteur de plus de 1,000 mètres, plana au-dessus de Paris, traversa la Seine et vint descendre doucement à 8 kilomètres du point de départ, après avoir resté 25 minutes en l'air. Cette montgolfière fit courir un grand danger aux aéronautes, car, dans les secousses qu'elle éprouvait, le feu fit plusieurs trous à l'enveloppe, la galerie fut endommagée et plusieurs

cordes se rompirent. En arrivant à terre, le feu n'étant plus assez vif pour soutenir le ballon, celui-ci tomba sur la nacelle, et *Rozier*, qui n'avait pas pu en sortir encore, se trouva enveloppé sous cette toile et courut le risque d'être brûlé.

824. *Expériences définitives de Charles.*

Le succès de cette entreprise stimula le zèle de *Charles* qui, pour faire mieux que ses rivaux, annonça une ascension, dans un ballon gonflé au gaz hydrogène, et ouvrit une nouvelle souscription de 10,000 francs pour en couvrir les frais.



Fig 384.

Mais son entreprise ne fut pas simplement audacieuse, comme celle de *Pilâtre*, elle fut calculée avec une rare intelligence, préparée avec maturité et le ballon qui fut construit à cette occasion présentait toutes les pièces et toutes les dispositions qu'on a conservées depuis, et que l'on a fort peu modifiées ou changées. Ce fut *Charles* en effet qui imagina :

1° *l'enduit au vernis imperméable* en caoutchouc pour empêcher la déperdition du gaz ; 2° *la soupape* pour donner issue au gaz et permettre la descente lente et graduelle de l'aérostat ; 3° *l'usage du lest* pour régler l'ascension et modérer la chute ; 4° *la nacelle* en osier pour les aéronautes et leurs instruments ou agrès, suspendue à un *filet* qui recouvre le ballon ; 5° *l'ancre* pour l'atterrissage ; 6° l'u-

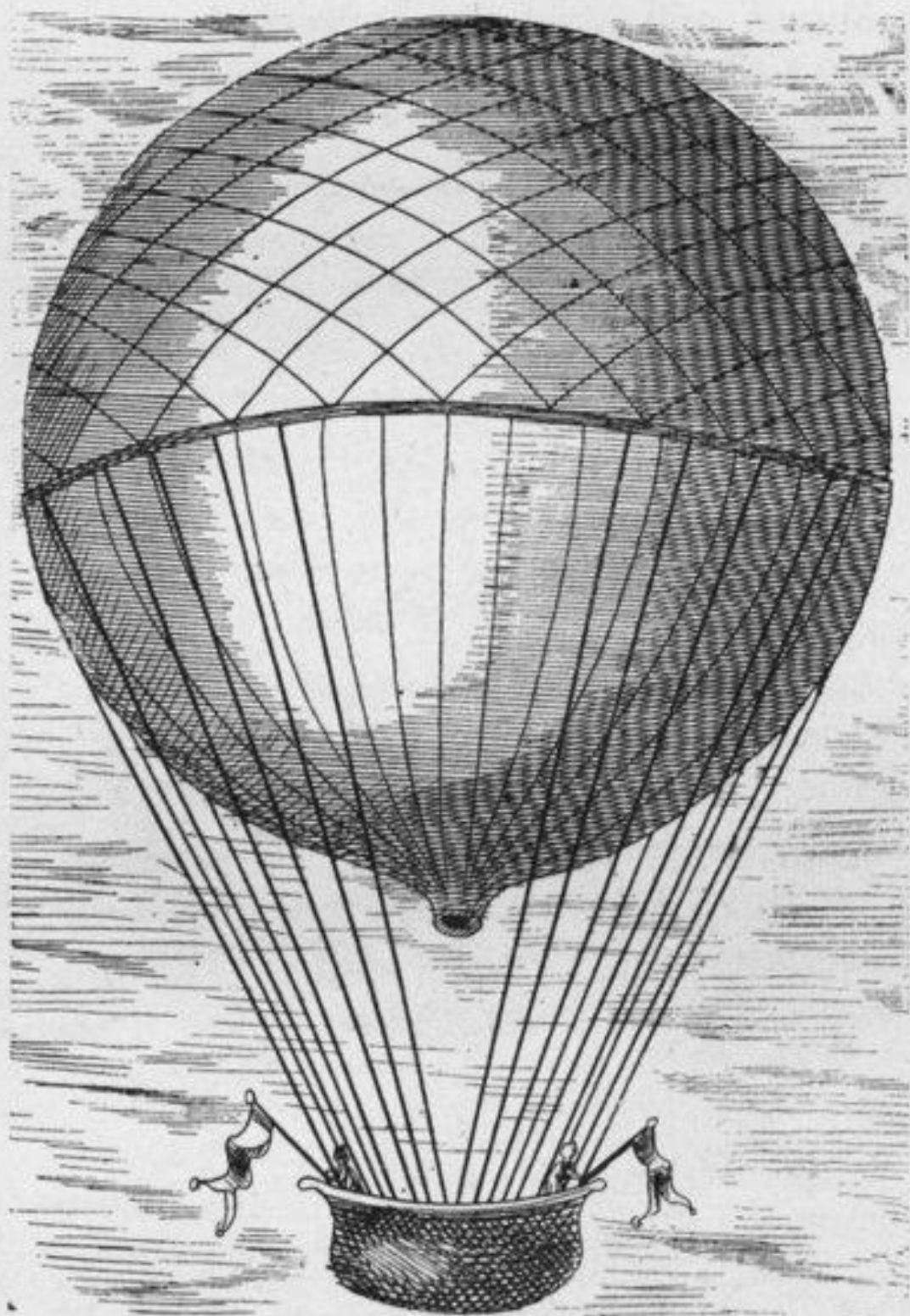


Fig. 385.

sage du *baromètre*, pour mesurer à chaque instant l'altitude. Il songea aussi à laisser *l'appendice* ouvert pendant l'ascension du ballon pour éviter la rupture de l'enveloppe, enfin il fit construire un appareil pour la fabrication en grand de l'hydrogène. Ce ballon (fig. 385) avait 8^m,50 de diamètre et cubait environ 300 mètres.

L'expérience eut lieu le 1^{er} décembre 1783 aux Tuileries, *Charles* et l'un des

frères *Robert* avaient pris place dans la nacelle. La force ascensionnelle, habilement calculée, leur permit de s'élever avec une majestueuse lenteur jusqu'à une hauteur de 600 mètres où les nuages les firent perdre de vue. Les aéronautes, jetant peu à peu du lest, pour se tenir élevés, descendirent après un voyage

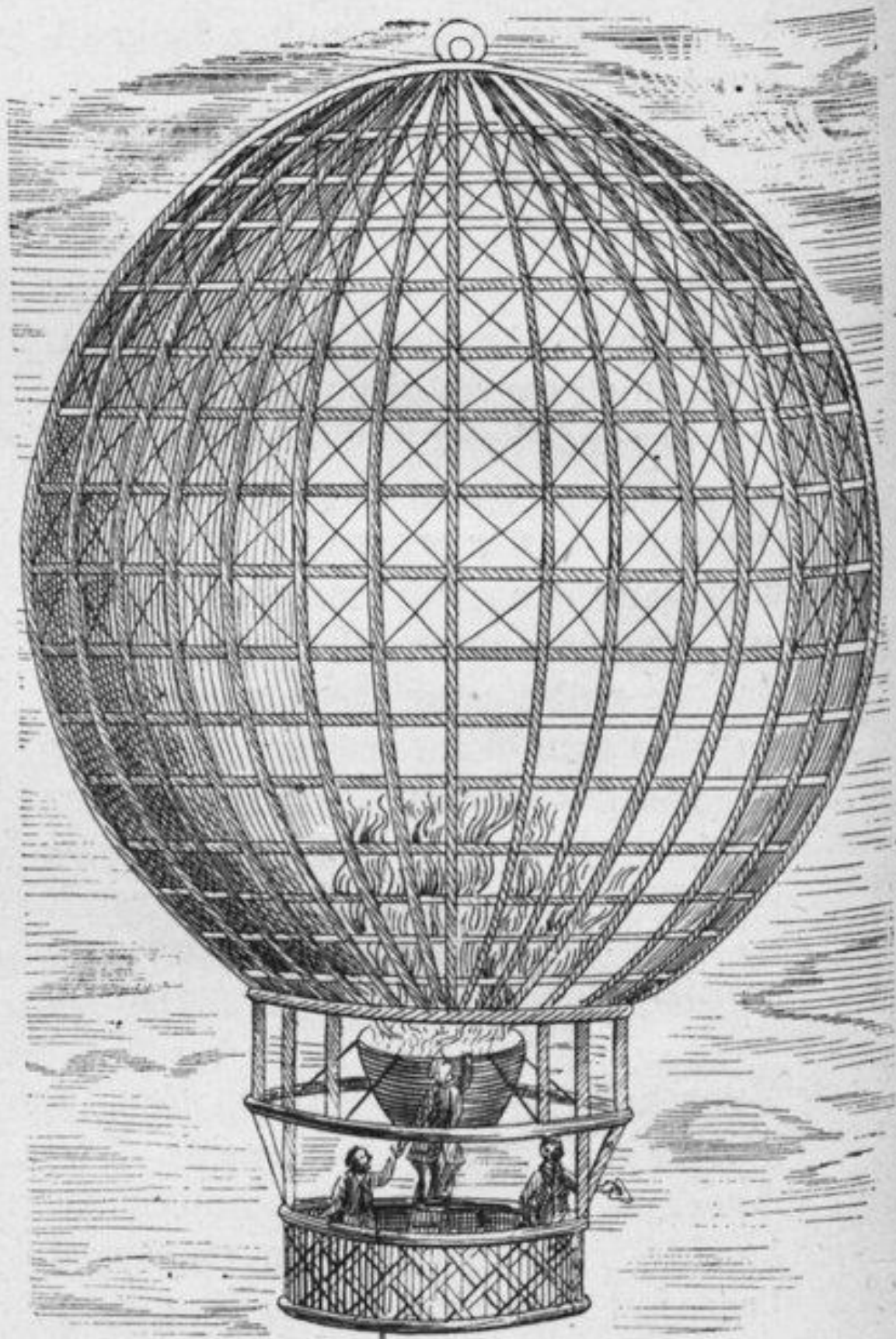


Fig. 386.

qui dura près de deux heures, près de Nesles, à 9 lieues de Paris. Mais *Robert* venait à peine de descendre que le ballon, subitement allégé d'un poids de 65 kilogrammes, s'éleva de nouveau avec une grande rapidité et atteignit, en dix minutes, une hauteur de près de 4,000 mètres. L'enveloppe se serait crevée par la dilatation des gaz, si *Charles* n'eut eu la présence d'esprit d'ouvrir la soupape. Il put faire rapidement quelques observa-

tions de physique, et vint descendre une demi heure après à 2 lieues de Nesles.

On put constater que l'expérience était décisive et que le gaz hydrogène était préférable à l'air chaud pour le gonflement des aérostats.

825. *Troisième et quatrième voyages aériens.* — La route était désormais tracée, et il n'y avait plus qu'à imiter et qu'à perfectionner. Aussi les voyages aériens se succédèrent rapidement, et de trois ou quatre qui eurent lieu en 1783, le nombre s'en éleva à cinquante-deux en 1784.

Après l'ascension de Charles, la ville de Lyon voulut aussi avoir le spectacle d'un aérostat, et elle s'adressa dans ce but à *Joseph Montgolfier*, qui fit construire un immense globe à feu de 43 mètres de hauteur et de 35 mètres de diamètre. Sept voyageurs, dont Montgolfier et Pilâtre de Rozier, montèrent dans la nacelle du *Flesselles*, qui fut lancé le 5 janvier 1784. Une déchirure de 15 mètres de long, qui se produisit dans l'enveloppe après un quart d'heure de navigation, amena la descente rapide de l'aérostat, qui, grâce à l'adresse de Pilâtre, n'entraîna pas de suites graves.

Le quatrième voyage aérien eut lieu à Milan, le 25 février 1784, dans une montgolfière montée par le chevalier *Paul Andréani* et les frères *Gerli*, architectes. L'aérostat (*fig. 386*) était de grandes dimensions (20 mètres de diamètre), et solidement construit. Le voyage ne dura que vingt minutes et se termina sans accidents.

826. *Expériences faites sur ballons perdus.* — Les autres pays ne tardèrent pas à se lancer dans la voie des essais faits avec des ballons, mais ils procédèrent en général en lançant d'abord de petits ballons perdus.

Le 25 novembre 1783, le comte italien *Zambeccari* lança à Londres une petite montgolfière remplie aux trois quarts d'air inflammable ; on y suspendit une

boîte en fer-blanc indiquant l'adresse à laquelle ceux qui le trouveraient étaient priés d'en donner des nouvelles. Le 19 février 1784, on avait fait partir, à Oxford, un aérostat de 0,50 de diamètre, rempli de gaz hydrogène, et le 22 du même mois, on en lança un autre semblable qui traversa la Manche. A la même époque, le Génevois *Argand*, fit à Windsor, devant la famille royale d'Angleterre, des expériences aérostatiques avec un ballon à air inflammable d'un mètre de diamètre.

Le 11 décembre 1783, on lança publiquement à Turin, un petit ballon fait avec la baudruche des batteurs d'or. Citons encore, les ballons perdus lancés, au début de l'année 1784, par *l'abbé Mably*, *M. de Barin*, le comte d'*Albon* le marquis de *Bullion*, *Cellard de Chastelais*, etc.

Ascensions les plus célèbres.

Nous serions entraîné trop loin si nous voulions retracer, même sommairement, les ascensions qui se succédèrent dès lors sans interruption. Nous nous bornerons à indiquer ici les plus célèbres ou celles qui soulevèrent des incidents, nous réservant de revenir plus loin sur celles qui peuvent avoir un intérêt scientifique ou militaire.

887. 1784. — En 1784, *Blanchard*, dont le nom devait devenir célèbre en aérostation, fit cinq ascensions. La première eut lieu au Champ-de-Mars, le 2 mars 1784. Partageant l'erreur commune, il crut utile d'adapter à son ballon les rames et le mécanisme d'un bateau volant qu'il avait inventé. En outre, par suite de son manque de connaissances physiques, il partit avec son ballon trop gonflé et il ne dut son salut qu'à l'heureuse inspiration d'ouvrir à temps la soupape. Le ballon vint descendre à Billancourt, après un trajet d'une heure et quart, où Blanchard prétendit être monté à 4,000 mètres plus haut que ses prédécesseurs et même

d'avoir dirigé son ballon contre le vent, ce qui fut reconnu faux. Il monta à Rouen le 23 mai et le 18 juillet, mais sans incidents. Enfin il fit en Angleterre, le 16 octobre, une ascension avec le premier Anglais qui osa monter dans un ballon, et le 30 novembre, il emmena dans la nacelle le docteur Américain *Jeffries*

Le 4 juin, eut lieu à Lyon une ascension aérostatique, dans laquelle une femme, *Madame Thible*, brava, pour la première fois, les périls d'un voyage aérien dans un ballon à feu.

Pilâtre de Rozier et le chimiste *Proust* exécutèrent bientôt après, à Versailles, en présence de Louis XVI et du roi de Suède, un voyage aérostatique fort remarquable en ce sens qu'ils parcoururent la plus grande distance, et s'élevèrent à la plus grande hauteur qu'on avait pu atteindre jusqu'alors avec une montgolfière.

Guyton de Morveau, l'abbé *Bertrand* et *M. de Viry* firent à Dijon, le 25 avril et le 12 juin, des expériences avec un aérostat muni de rames et d'un gouvernail. Nous y reviendrons plus loin.

Le 15 juillet, les frères *Robert* et le duc de *Chartres* firent une ascension avec un aérostat de forme allongée gonflé au gaz hydrogène; elle se termina par une chute fort rapide.

Le 15 septembre, l'italien *Lunardi* fit à Londres la deuxième ascension qui eut lieu en Angleterre. Son ballon, gonflé au gaz hydrogène, avait 10 mètres de diamètre et pas de soupape. Il s'était muni d'une rame avec laquelle il pensait diriger son aérostat, mais sans résultat comme on pense.

Le 12 novembre, l'anglais *Saaler*, qui fit plus de soixante voyages aériens comme aéroneute de profession, tentait sa première expédition.

828. 1785. — Le 7 janvier, l'aventureux *Blanchard*, accompagné du docteur *Jeffries*, réussit, par le plus grand des hasards et après bien des péripéties, à faire dans un ballon à hydrogène la tra-

versée de la Manche, de Calais à Douvres.

Pilâtre de Rozier, qui depuis longtemps avait conçu l'idée que venait de réaliser *Blanchard*, voulut entreprendre, le même voyage. Malheureusement, il avait voulu réunir les deux méthodes connues, en suspendant une montgolfière au-dessous d'un ballon à gaz hydrogène. Mais ces

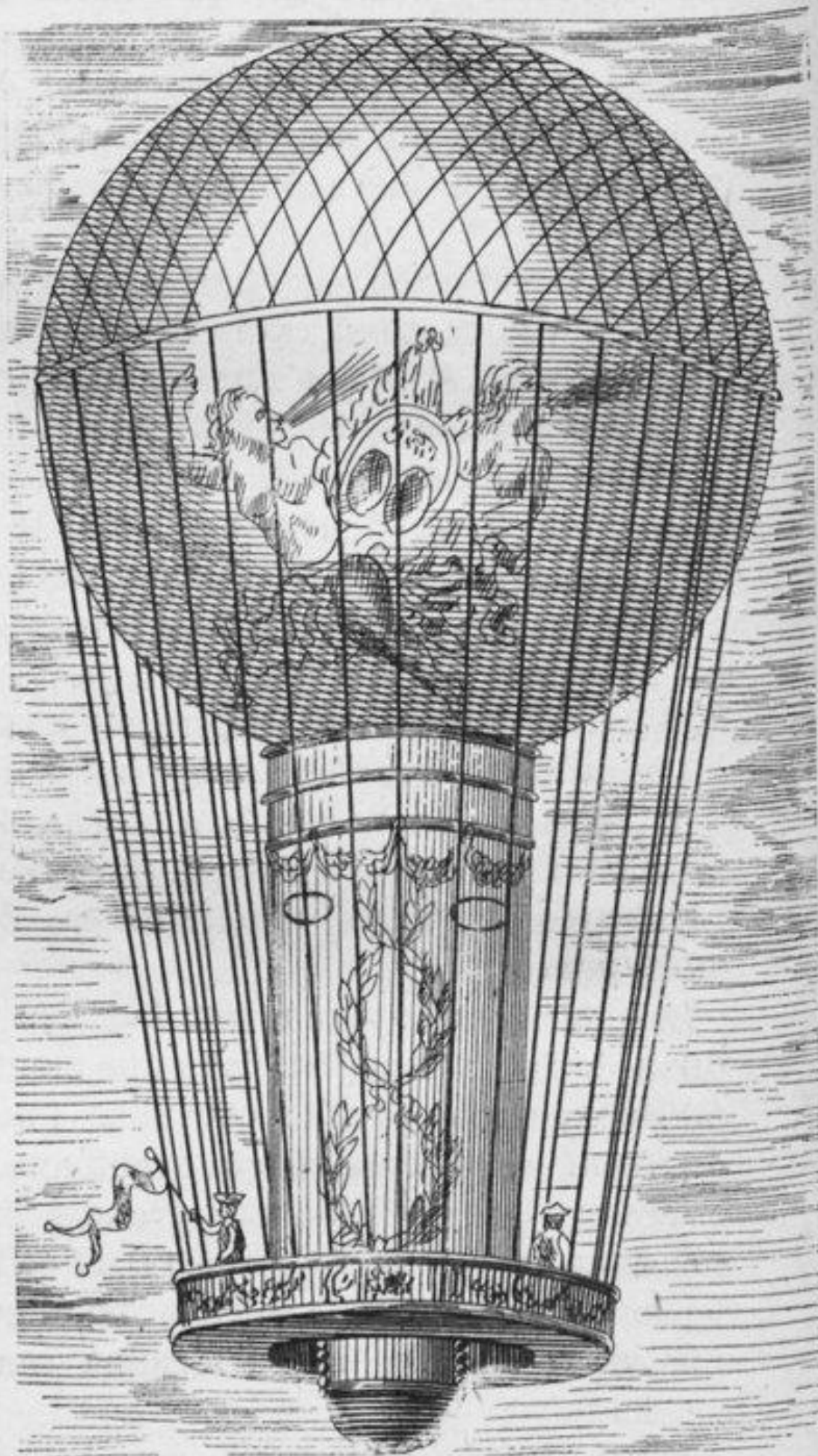


Fig. 387.

deux systèmes qui, isolés, ont chacun leurs avantages, formaient par leur réunion la plus détestable combinaison (fig. 387).

L'expérience eut lieu, le 16 juin, à Boulogne; un jeune physicien de cette ville, *Romain*, accompagnait *Pilâtre*. Mais l'appareil s'était à peine élevé à 400 mètres

environ qu'on vit tout à coup l'aérostat à gaz hydrogène se dégonfler et se replier sur la montgolfière qui, entraînée par ce poids, tomba à terre avec une vitesse effrayante et vint échouer sur le rivage. Pilâtre de Rozier était mort, mais Romain vécut encore quelques instants. La mort de ces premiers martyrs de la science aérostatique ne fit qu'activer l'élan de leurs successeurs, au point que l'on vit le ciel se couvrir littéralement de ballons.

Blanchard continua sa série d'ascensions dans tous les pays, en Belgique et Russie entre autres, et parvint à s'enrichir par ce moyen. Il vint même continuer ses succès en Amérique où il s'éleva en présence de Franklin, à Philadelphie. Au mois d'août, *Alban et Vallet*, directeurs de l'usine de produits chimiques de Javel, firent quelques essais avec un ballon pourvu de rames en forme d'ailes de moulin, mais sans résultat.

L'abbé *Miolan* et *Janinet* avaient construit la plus énorme montgolfière connue, laquelle devait emporter quatre voyageurs. Mais ce ballon, qui devait partir le 12 juillet 1785, prit feu à sa partie supérieure, et la foule, furieuse, et se croyant jouée, mit en pièces le reste de la machine et battit les aéronautes.

L'italien *Lunardi* fit le 5 octobre, à Edimbourg, une ascension plus dangereuse que *Blanchard*, parce que, n'ayant devant lui que la pleine mer, il risquait d'y être emporté. Il vint tomber à Fife (Ecosse), après avoir parcouru 18 milles au-dessus de la mer et 10 milles au-dessus du continent.

C'est vers cette époque que se répandit la mode des figures aérostatiques.

829. 1786. En 1786, le docteur *Potain* traversa le canal de Saint-Georges dans un ballon dont la nacelle était munie d'une machine propulsive; il prétendit s'être servi avec avantage de cette dernière. Ce fut lui qui le premier prouva l'existence de courants aériens superposés et se mouvant dans des directions différentes.

Nous devons citer aussi *Testu-Brissy*, l'émule de *Blanchard* pour les ascensions foraines, et dont l'instruction était bien supérieure à celle de ce dernier. Il s'occupa d'abord des moyens de rendre l'étoffe des enveloppes imperméables au gaz. Après y être parvenu, il construisit un ballon muni d'ailes et de rames, en forme de rames de bateau. Sa première ascension eut lieu le 18 juin 1786. Ce fut lui qui plus tard exécuta une ascension équestre dans laquelle il constata que le sang des grands animaux s'extravase par leurs artères, et coule par les narines et les oreilles à une hauteur à laquelle l'homme n'est pas incommodé.

830. A partir de 1794. — Nous ne suivrons plus les divers aéronautes qui depuis 1786 se succédèrent en grand nombre, mais à peu près uniquement pour fournir au public un spectacle curieux, à l'exception des voyages scientifiques et de l'application des aérostats à l'art militaire. Nous nous bornerons à citer les noms des aéronautes les plus hardis ou qui ont cherché à appliquer des principes nouveaux, ou qui ont été victimes.

Ce fut *Jacques Garnerin* qui utilisa le premier, le 22 octobre 1797, le parachute dans les voyages aériens. Il s'adjoignit ensuite sa nièce, *Elisa Garnerin*, pour ce genre d'expériences, que voulut imiter plus tard *M^{me} Blanchard*, qui en fut victime. En 1850, *Poitevin et Godard* ont renouvelé ce spectacle de leur descente au milieu des airs, sans qu'il en soit résulté d'accident. Les parachutes employés se composent d'un vaste parasol de 5 mètres de rayon, formé de 36 fuseaux cousus ensemble et réunis au sommet à une rondelle de bois. Quatre cordes fixées à cette dernière soutiennent la nacelle à environ 10 mètres au-dessous, trente-six cordes destinées à empêcher le parachute de se retourner, sont attachées à la corbeille et au parasol. Malgré son but d'offrir à l'aéronaute un moyen de sauvetage, le

parachute n'a pas servi une seule fois à terminer une ascension périlleuse, car un acrobate même ne pourrait descendre de la nacelle du ballon à la corbeille du parachute, quand il se trouve au milieu des airs.

Mentionnons en passant la fin tragique d'*Olivari*, le 21 novembre 1802, dans une montgolfière qui, ayant laissé tomber un charbon dans la nacelle, mit le feu à celle-ci. *Bittorf* périt également en Allemagne en 1812, dans une montgolfière en papier, doublée de toile, qui prit feu au moment où il s'élevait.

Nous ne pouvons passer sous silence le projet de *Robertson* aîné, qui était passé maître dans l'art d'allécher le public ; il lança des prospectus pour une machine aérostatique énorme, devant transporter soixante personnes et rester embarquées pendant plusieurs mois. Il savait bien ne pouvoir jamais construire une semblable machine, mais il voulait simplement attirer l'attention sur lui.

De tous les aéronautes de profession, l'anglais *Charles Green* est celui qui a certainement exécuté le plus d'ascensions (mille quatre cents voyages aériens).

Il fit, en 1836, le voyage aérien le plus long qui ait été exécuté ; il se transporta de Londres à Weilberg, dans le duché de Nassau, après avoir passé une nuit perdu dans les airs, et parcouru plus de 800 kilomètres en dix-huit heures. Ce fut d'ailleurs *Green* qui inventa le guide-rope et eut le premier l'idée de remplacer, pour le gonflement des aérostats, l'hydrogène par le gaz d'éclairage.

Les deux frères *Eugène et Louis Godard* firent également un grand nombre d'ascensions, n'ayant jamais eu de but scientifique, une entre autres sur leur ballon la *Ville de Paris*, avec lequel ils allèrent un jour de Paris en Belgique en compagnie de six autres personnes.

Les aventures de l'aérostat le *Géant*, construit par *M. Nadar*, sont assez rapprochées de nous, pour être présentes dans tous les esprits.

Le *Géant* méritait son nom, car on n'avait pas encore construit d'aérostat aussi grand. Il avait 40 mètres de hauteur totale et cubait près de 6,000 mètres. Il était composé de deux enveloppes superposées, en taffetas blanc, dont il avait fallu 7,000 mètres. La nacelle de 4 mètres de haut sur 2^m30 de large, se composait d'une plate-forme surmontant une espèce

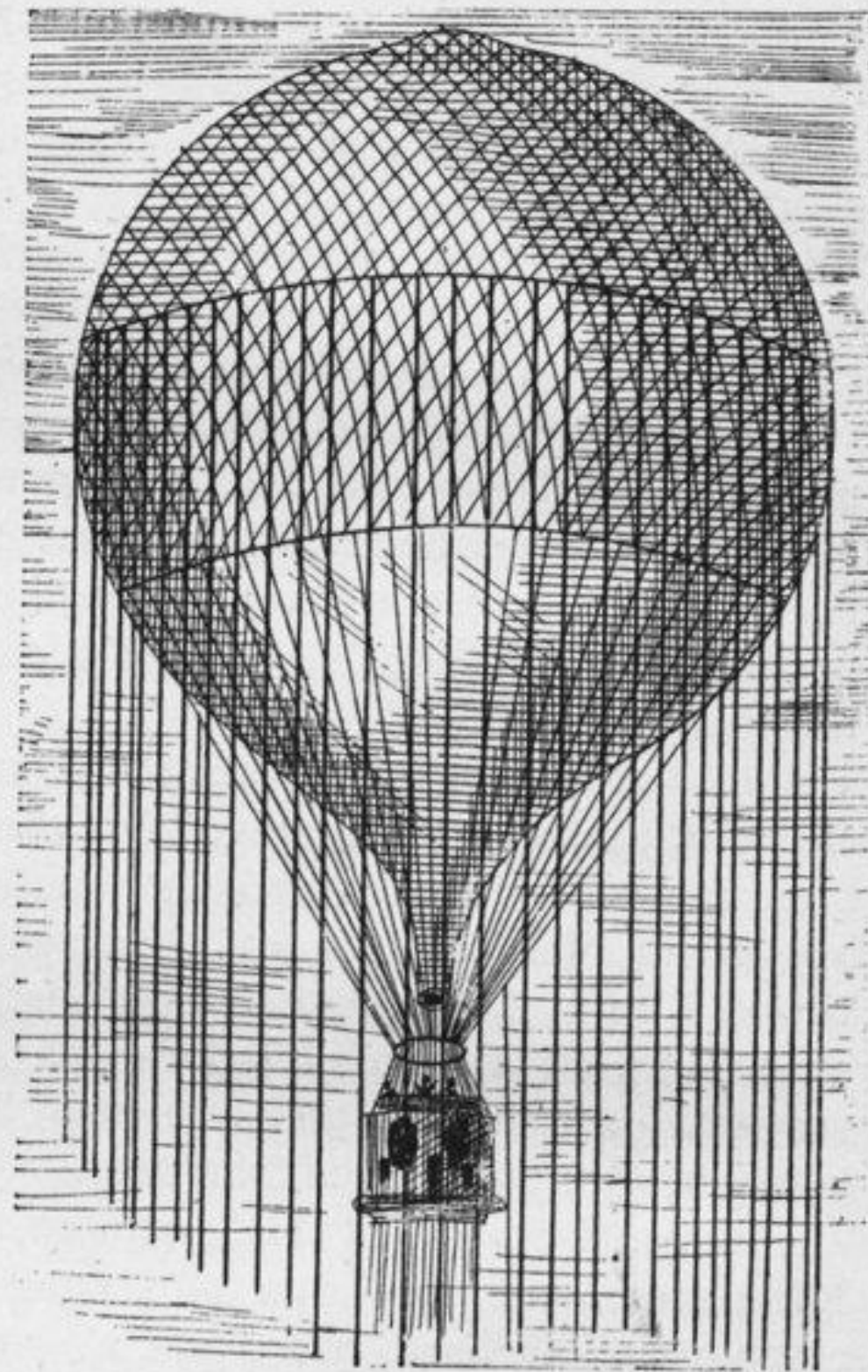


Fig. 388.

de cabine (fig. 388). Une première ascension qui eut lieu le 4 octobre 1863, en présence de plus de 100,000 spectateurs, s'accomplit très heureusement après un voyage très court, puisque les aéronautes vinrent descendre à Meaux. La seconde ascension fut exécutée le 18 octobre, mais elle fut moins heureuse.

Après avoir franchi plus de 150 lieues, le ballon, dont la soupape ne pouvait plus se refermer par suite d'un accident, ne put se vider et fut traînée pendant un

quart d'heure en arrivant près de terre, dans les plaines du Hanovre. Les voyageurs du *Géant* n'échappèrent à la mort que par miracle, mais tous furent blessés ou meurtris.

Enfin, le 26 septembre 1864, le *Géant* fit une troisième ascension à Bruxelles d'où il vint heureusement opérer sa descente à Ypres. Lors de l'Exposition de 1867, cet aérostat fut vendu à une compagnie qui l'exhiba en payant sur la place des Invalides, mais le résultat de cette exhibition fut peu productif.

Ballons captifs.

831. *M. Giffard*, qui s'occupa toujours passionnément des ballons et de leur direction, a créé les *Ballons Captifs* à vapeur, auxquels il appliqua une série de dispositions si nouvelles, si originales, si sûrement calculées, qu'elles firent l'admiration de tous les visiteurs.

Le premier de ces ballons fonctionna à l'Exposition universelle de 1867. Il cubait 5,000 mètres et pouvait emporter jusqu'à 330 mètres de hauteur une vingtaine de personnes dans sa nacelle.

En 1868, *M. Giffard* installa à Londres un autre ballon captif de 37 mètres de diamètre, cubant 12,000 mètres et pouvant enlever trente voyageurs à 650 mètres d'altitude. Ce ballon était gonflé avec du gaz hydrogène renfermé dans une étoffe complètement imperméable.

Mais le plus gigantesque de ces aérostats fut celui que *M. Giffard* organisa au Champ-de-Mars pour l'Exposition universelle de 1878. Ce ballon, qui n'était pas exactement sphérique, avait 55 mètres de hauteur, et 36 mètres de diamètre; il cubait 25,000 mètres et pouvait emporter cinquante personnes dans les airs. La nacelle, de forme ronde, avait 6 mètres de diamètre. Le câble en chanvre, qui avait 600 mètres de long sur 0^m,08 de diamètre moyen, pesait 3,000 kilo-

grammes. L'étoffe du ballon était formée de sept tissus superposés et solidarisés de manière à former un tout homogène, le tout revêtu de plusieurs couches d'huile de lin cuite à la litharge, pour empêcher toute *endosmose*, c'est-à-dire toute fuite de gaz. Pour le gonfler à l'hydrogène, on dut employer 180,000 kilogrammes d'acide sulfurique et 80,000 kilogrammes de tournure de fer. L'hydrogène avait été préféré, parce que la force ascensionnelle du gaz d'éclairage est trop faible. Ce ballon *captif* fonctionna pendant soixante-douze jours et enleva trente-cinq mille voyageurs dans les airs.

Il convient d'ajouter que, dans toutes ces entreprises, *M. Giffard* n'eut pas d'autre but que de vulgariser l'aérostation et de hâter la solution du problème de la direction des ballons.

Autres voyages aériens célèbres

832. On a fait beaucoup de bruit, au mois de septembre 1874, de la chute de *M. et M^{me} Duruof* (Dufour) dans la mer du Nord et de leur sauvetage par un pêcheur anglais. Cet aéronaute de profession avait annoncé qu'il traverserait la Manche, comme l'avait fait *Blanchard* en 1812; aussi, malgré le vent contraire, pour se soustraire aux railleries de la foule, il ne voulut pas remettre son départ et ne fut sauvé que par miracle.

Le colonel anglais *Burnaby* est le troisième qui ait réussi à traverser la Manche en ballon (23 mars 1882).

Deux Américains, le docteur *Fergith* et *M. Jedediah Monroe*, comptant sur les courants permanents qui règnent de l'ouest à l'est, voulurent réaliser, au mois de novembre 1875, le projet téméraire de traverser l'Atlantique dans leur ballon le *Washington*, immense machine rappelant le *Géant* par ses dimensions. On retrouva plus tard le *Washington* crevé à 50 lieues

de New-York et les deux aéronautes morts ou mortellement blessés.

Citons encore rapidement la mort de l'aéronaute français *Lévy*, le 9 janvier 1875, près de Gènes ; celle de M. *Davidson*, le 3 mai 1875, tombé dans l'Atlantique ; celle de M^{me} *Galand*, le 2 avril 1875, morte des suites d'une chute, à Marseille, du ballon *l'Espérance*, parti de Rouen.

En 1879, en Angleterre, un gymnasiarque vint tomber sur le toit d'une maison qu'il défonça.

Le 4 juillet 1880, l'aéronaute *Petit* meurt des suites d'une chute provenant de la déchirure de son ballon.

L'aéronaute *Charles Brest* a péri à Marseille, le 8 août 1880, perdu en mer sans qu'on en ait jamais eu de nouvelles ; le lendemain on retrouvait son ballon *le Nautilus* près d'Ajaccio, la nacelle vide.

On se rappelle encore la mort du pauvre *Auguste Navarre*, l'imprudent gymnaste de la montgolfière *la Vidouvillaise*, à Courbevoie, le 21 octobre 1880.

Deux autres aéronautes, MM. *Eloy et Gower*, ont perdu la vie dans des ascen-

sions maritimes. On a retrouvé leurs ballons sur l'Océan, mais on n'a jamais eu de nouvelles des voyageurs.

Enfin, pour clore cette liste funèbre, nous rappellerons la mort d'*Alphonse d'Armentières*, qui s'était élevé à Montpellier le 20 août 1881, et dont on retrouva le corps deux jours après.

Il faut convenir que la plupart des accidents que les ballons ont occasionnés sont dus à l'ignorance ou à l'imprudence, et s'ils n'en sont pas moins regrettables, ils n'inspirent pas le même intérêt que les malheureuses victimes de la science, dont nous parlerons plus loin.

« D'ailleurs, dit M. G. Tissandier, les documents les plus précis semblent indiquer que, depuis 1783, plus de vingt mille personnes ont voyagé en ballon ; sur ce nombre, on ne compte guère plus de vingt victimes, soit une par mille. Le nombre des sinistres est incomparablement plus élevé, à proportions égales, que dans les voyages en chemin de fer ou même en bateau à vapeur, mais il est encore assez faible pour rassurer les plus prudents et les plus timides. »

CHAPITRE III

ASCENSIONS SCIENTIFIQUES

833. But. — En général, les ascensions aérostatiques avaient simplement pour but d'offrir au peuple un spectacle amusant. Cependant, dès l'invention de Montgolfier, l'Académie des sciences avait songé à utiliser les aérostats pour faire des expériences pouvant servir à l'étude de la physique terrestre et de la météorologie. Un certain nombre de voyages aériens furent exécutés par des hommes de science et dans un but déterminé. Nous ne pouvons ici les retracer en détail, mais notre

travail ne serait pas complet s'il ne donnait des indications sommaires, mais suffisantes, sur les observations utiles faites par de savants aéronautes.

834. Jusq'EN 1850. — *Charles*, qui fut le premier aéronaute sérieux, ne put faire que des expériences rudimentaires ; mais, il arriva cependant à constater : 1° le mélange des couches d'air de direction différentes ; 2° la diminution progressive de la pression ; 3° le froid croissant avec l'altitude. *Guyton de Morveau* fit à son

tour des observations, mais elles offrent peu d'intérêt.

Il était réservé à *Robertson* (Robert de son vrai nom) d'inaugurer les ascensions vraiment scientifiques. Il avait acquis un certain renom en physique, qu'il professa à Liège. Mais son esprit aventureux lui fit abandonner le professorat pour venir à Paris où il se lia avec *Volta*.

Il ne tarda pas à s'occuper d'aérostation et fit à Hambourg, le 18 juillet 1803, en compagnie de *Lhoëst*, une ascension dont le compte rendu bouleversait toutes les notions connues sur l'électricité atmosphérique.

Les deux voyageurs, après un voyage qui dura cinq heures et demie, vinrent descendre à Hambourg, à 25 lieues du point de départ.

Ils s'élevèrent à une altitude de 7,400 m. et se livrèrent à diverses observations, d'après lesquelles ils crurent reconnaître, entre autres, qu'à une hauteur considérable dans l'atmosphère, les phénomènes du magnétisme terrestre perdent sensiblement de leur intensité, et qu'à cette élévation l'aiguille aimantée est moins sensible, ce qui amènerait à admettre l'affaiblissement du magnétisme terrestre à mesure qu'on s'élève dans les hautes régions de l'air. *Robertson* se livra également à des expériences physiques ; il eut l'idée d'emporter dans sa nacelle les premiers pigeons voyageurs, et les observations qu'il fit sur leur vol ont été reconnues parfaitement exactes.

Le résultat de cette première expérience étant contesté, *Roberston* exécuta, trois mois après, à Moscou, avec le professeur *Saccharof*, une nouvelle ascension. Le rapport de ce professeur n'admit qu'une partie des conclusions primitives, ce qui embrouilla encore la question.

Pour être parfaitement fixée à ce sujet, l'Académie des sciences confia à *Biot* et à *Gay-Lussac* le soin de faire des expériences décisives.

Ces deux savants exécutèrent, le

20 août 1804, une ascension qui est restée célèbre, dans laquelle ils s'élevèrent jusqu'à 4,000 mètres, et ils arrivèrent à conclure que toutes les observations de *Roberston* étaient fausses. Les études physiologiques entreprises par *Biot* en cette occasion ne donnèrent pas de résultat bien intéressant.

Mais les partisans de *Roberston* ne se déclarèrent pas convaincus. Aussi, le 14 septembre 1804, *Gay-Lussac* s'éleva seul pour faire des observations à une plus grande altitude ; il atteignit une hauteur de 7,016 mètres. Les résultats des expériences confirmèrent ceux du premier voyage, et ces observations ont été si concluantes qu'on ne les a pas recommencées depuis.

L'aéronaute *Dupuy-Delcourt* fit également des recherches sur la direction des courants, mais sans méthode, de sorte qu'elles ne donnèrent aucun résultat sérieux.

835. DEPUIS 1850. — On ne retrouve qu'en 1850 des ascensions entreprises dans un but purement scientifique. MM. *Barral* et *Bixio* avaient conçu le projet de s'élever à une grande hauteur, pour étudier, avec des instruments perfectionnés, plusieurs phénomènes atmosphériques encore imparfaitement connus.

Ils mirent leur projet à exécution le 5 mai 1850, mais, par suite de mauvaises dispositions, ils faillirent être asphyxiés par le gaz et durent descendre, non sans danger, avant d'avoir pu faire aucune observation.

Cet échec ne les empêcha pas de s'élever de nouveau le 25 juillet à la hauteur de 5,000 mètres ; ils constatèrent dans la masse vaporeuse qui les entourait, une éclaircie, à travers laquelle ils virent le bleu du ciel. Comme phénomène optique, la couche de nuages qui couvrait le ballon ayant diminué d'épaisseur, les aéronautes aperçurent le soleil tout blanc, et un second soleil semblable au-dessous d'eux.

Le ballon s'étant élevé jusqu'à 7,039 mè-

tres, le thermomètre marqua — 39°, tandis qu'à 7,016 mètres Gay-Lussac n'avait constaté que — 9° 5, soit une variation de 30° dans la température. A 6,000 mètres les aéronautes rencontrèrent des petits glaçons en formes d'aiguilles extrêmement fines, qui couvraient tous les objets. La présence de ces glaçons, en plein été et à une telle hauteur, confirmait l'hypothèse qui sert à expliquer les *halos*, *parhélies*, *parasilènes*.

Dans cette même année M. *Rusk*, astronome à l'observatoire de Greenwich, exécuta trois ascensions, dont la dernière fit quelque bruit, parce qu'il fut obligé d'opérer sa descente en pleine mer.

Les observations qu'il recueillit sont intéressantes.

En 1852, M. *Welsh*, directeur de l'observatoire de Kew, exécuta à Londres, en compagnie de *Green*, quatre ascensions, dans lesquelles il parvint à des hauteurs de 5,950, 6,096, 3,850, et 6,990 mètres, sans avoir rencontré de température plus basse que — 24°. Comme résultat général de ses observations, M. *Welsh* a trouvé que la température de l'air décroît uniformément jusqu'à une certaine hauteur, laquelle varie d'un jour à l'autre. De nombreuses observations hygrométriques faites avec le plus grand soin prouvèrent, contrairement aux expériences de Gay-Lussac, que l'humidité atmosphérique s'approche beaucoup de la saturation dans les régions élevées.

M. *Glaisher*, chef du bureau météorologique de Greenwich, succéda à M. *Welsh* comme représentant de l'association pour l'avancement des sciences. Toujours accompagné de M. *Coxwel*, aéronaute expérimenté, M. *Glaisher* fit, en 1862, vingt voyages aériens qui donnèrent, au point de vue scientifique, les résultats les plus complets obtenus jusqu'alors. Trois fois, il dépassa l'altitude de 7,000 mètres, mais son ascension la plus mémorable fut celle du 5 septembre 1862, où le ballon s'éleva à 10,000 mètres et où les aéronautes

durent de n'être pas gelés à l'énergie de M. *Coxwel*, qui parvint à ouvrir la soupape en tirant la corde avec ses dents.

Les observations faites par M. *Glaisher* ont fourni, sur plusieurs points de la physique du globe, des renseignements utiles, notamment sur les lois de la décroissance de la température, de l'humidité et de l'électricité en raison de la hauteur, suivant l'état du ciel et suivant les époques, sans qu'il soit permis cependant de regarder comme définitives celles qu'il a données. On lui doit également des renseignements utiles sur les bandes du spectre de l'atmosphère. Il a fait aussi des expériences intéressantes sur la propagation des sons.

C'est à ce moment où l'Angleterre cesse ses recherches que la France recommence à entrer en lice, avec une telle ardeur qu'il n'est pas possible de citer ici toutes les ascensions scientifiques qui eurent lieu depuis 1867; nous indiquerons les plus connues et les plus importantes.

Dans les voyages scientifiques en ballon, commencés au mois de mai 1867 en compagnie de l'aéronaute, M. *Eugène Godard*, M. *Camille Flammarion* a fait porter ses observations sur les lois de décroissance de l'humidité avec la hauteur et il est arrivé à énoncer la loi suivante : l'humidité de l'air s'accroît jusqu'à une certaine hauteur, à laquelle elle atteint son maximum, puis elle diminue constamment à mesure qu'on s'élève au-dessus de cette zone.

Il a observé également : l'accroissement du pouvoir diathermane de l'air et de la radiation solaire avec l'altitude et le décroissement de l'humidité; la circulation des courants, leur déviation giratoire et les mouvements généraux de l'atmosphère, leur intensité et leur vitesse, le décroissement de la température selon la hauteur; les nuages en ce qui concerne leurs formes, leurs dimensions, leur état hydrométrique et calorifique, etc.

M. *Gaston Tissandier*, dans les nom-

breuses ascensions aérostatiques qu'il a exécutées soit avec son frère *Albert*, soit avec d'autres observateurs, a réussi à décrire particulièrement les formes et les effets multiples de l'ombre lumineuse que projette le ballon sur les nuages et de l'auréole des aéronautes. Déjà MM. *Glaisher* et *Flammarion* avaient pu observer ce phénomène. M. *Wilfrid de Fonvielle* prit part également à de nombreux voyages aériens soit seul, soit avec M. *Gaston Tissandier*, et il observa de même de nombreux phénomènes météorologiques.

La Société de Navigation aérienne, fondée peu après le siège de Paris, en vue de favoriser les études scientifiques se rapportant à l'aérostation, fit exécuter plusieurs ascensions en 1874, dont l'une, qui eut lieu le 22 mars, avait pour but d'expérimenter des ballonnets d'oxygène qui, d'après les théories de M. *Paul Bert*, devaient permettre aux aéronautes de s'élever dans un air très raréfié. Au sujet des recherches bien connues de ce savant sur l'influence que les modifications dans la pression barométrique exercent sur les phénomènes de la vie, nous dirons seulement qu'elles ont démontré que ces modifications n'exercent sur les animaux et sur les végétaux qu'une influence chimique. Au-dessous de la pression normale, il y a une privation d'oxygène qui peut amener l'asphyxie ; au-dessus, la trop grande tension de l'oxygène agit comme un poison violent. Comme conséquence, il résultait qu'on pouvait éloigner tout danger dans les ascensions en faisant varier la richesse oxygénée de l'air en raison inverse des variations de pression.

Les expériences furent reprises en 1875, par MM. *Crocé-Spinelli* et *Sivel*, qui avaient fait l'ascension du 22 mars 1874 et s'étaient élevés alors à 7,300 mètres. Le 23 mars 1875, ils entreprirent, avec MM. *A. et G. Tissandier* et M. *Jobert*, une ascension dans laquelle ils accompli-

rent, dans le ballon *le Zénith*, un voyage de vingt-trois heures au-dessus de toute la France, dépassant ainsi de beaucoup la durée des plus grands voyages aériens.

Il s'agissait de compléter les importantes déterminations faites dans cette belle ascension, en s'élevant à la plus grande hauteur à laquelle on pût parvenir. Ce deuxième voyage eut lieu le 15 avril. M. *Gaston Tissandier* devait constater la proportion du gaz acide carbonique contenu dans l'air ; M. *Crocé-Spinelli* devait rechercher s'il existe de la vapeur d'eau à toutes les hauteurs, et M. *Sivel*, aéronaute de profession, dirigeait le ballon. On sait que deux heures après le départ, à 8,000 mètres d'altitude, ils furent paralysés au point de ne pouvoir saisir les ballonnets remplis d'oxygène qui pouvait les sauver. Tous trois tombèrent asphyxiés dans la nacelle, mais M. *Tissandier*, qui était tombé en syncope, dut son salut à ce que sa respiration demeura suspendue pendant que le ballon flottait dans des espaces presque vides d'air. Revenu de son évanouissement, M. *Tissandier* put constater que ses deux compagnons étaient morts.

On n'a pas repris ces observations, non pas tant pour le danger qu'elles présentent que parce que les études aéronautiques prirent une autre voie ; on s'occupa alors activement de l'étude des moyens de diriger les ballons, étude dont nous allons nous occuper.

836. Résultats. — « Les ascensions scientifiques, dit la *Grande Encyclopédie*, ont mis en évidence un certain nombre de faits concernant les variations de la température et de l'humidité avec l'altitude, la constitution des nuages, les phénomènes lumineux, la superposition des courants aériens de nature et de direction différentes, et la vitesse des vents dans les hautes régions. Ces faits suffisent pour montrer tout le parti que l'on peut tirer des aérostats dans l'étude de la météorologie et de la physique du globe,

mais ils sont en trop petit nombre pour qu'il y ait lieu dès à présent d'en déduire quelque loi générale et incontestable. »

Bien des phénomènes météorologiques ou des faits physiques pourraient cependant être déterminés sûrement par ce moyen d'exploration.

Citons seulement en passant : la vérifiable loi de la décroissance de la tempé-

rature dans les régions élevées de l'air ; la loi certaine de la décroissance de la densité de l'atmosphère ; la loi définitive des variations de l'atmosphère suivant les hauteurs ; la loi de la vitesse du son ; les phénomènes du magnétisme terrestre ; la recherche des courants constants, à certaines hauteurs, etc.

CHAPITRE IV

LA DIRECTION DES BALLONS

837. Importance. — L'importance que présente, au point de vue militaire, la direction des aérostats est évidente et nous traiterons ce point en détail plus tard.

La solution de ce grand problème a fait surgir dès 1783, l'année même de la découverte des ballons, les projets les plus divers, qui bien souvent n'avaient aucun fondement scientifique, mais dont quelques-uns sérieusement étudiés produisirent des résultats positifs. Nous ne nous occuperons naturellement que de

ces derniers ; car, après avoir longtemps parlé de la direction des ballons un peu comme de la pierre philosophale, les expériences concluantes qui viennent d'être faites prouvent que le problème n'est pas insoluble dans des conditions données.

On a cherché cette solution de deux manières : 1° en se dirigeant à l'aide d'une machine motrice ; 2° en se dirigeant à l'aide de courants atmosphériques convenablement choisis.

§ I. — DIRECTION A L'AIDE D'UN MOTEUR AUTRE QUE LA VAPEUR OU L'ÉLECTRICITÉ

838. Blanchard. — C'est Blanchard qui le premier fit des essais de ce genre, avec un *vaisseau volant*. C'était un ballon sphérique, à gaz hydrogène, dont l'appendice portait un parachute. On pouvait manœuvrer, dans la nacelle, deux ailes ou rames et un gouvernail. L'ascension, qui

eut lieu le 2 mars 1784, avec ce ballon, échoua piteusement ; toutefois Blanchard prétendit s'être servi de ses ailes et avoir réussi à marcher contre le vent, mais on ne saurait ajouter foi à ces affirmations (fig. 389).

839. Guyton de Morveau. — Le

12 juin de la même année eut lieu, à Dijon, la première expérience faite avec l'appareil dirigeable construit sous les auspices de *Guyton de Morveau*, l'un des plus ardents promoteurs de l'aérostation militaire. Son ballon portait deux grandes

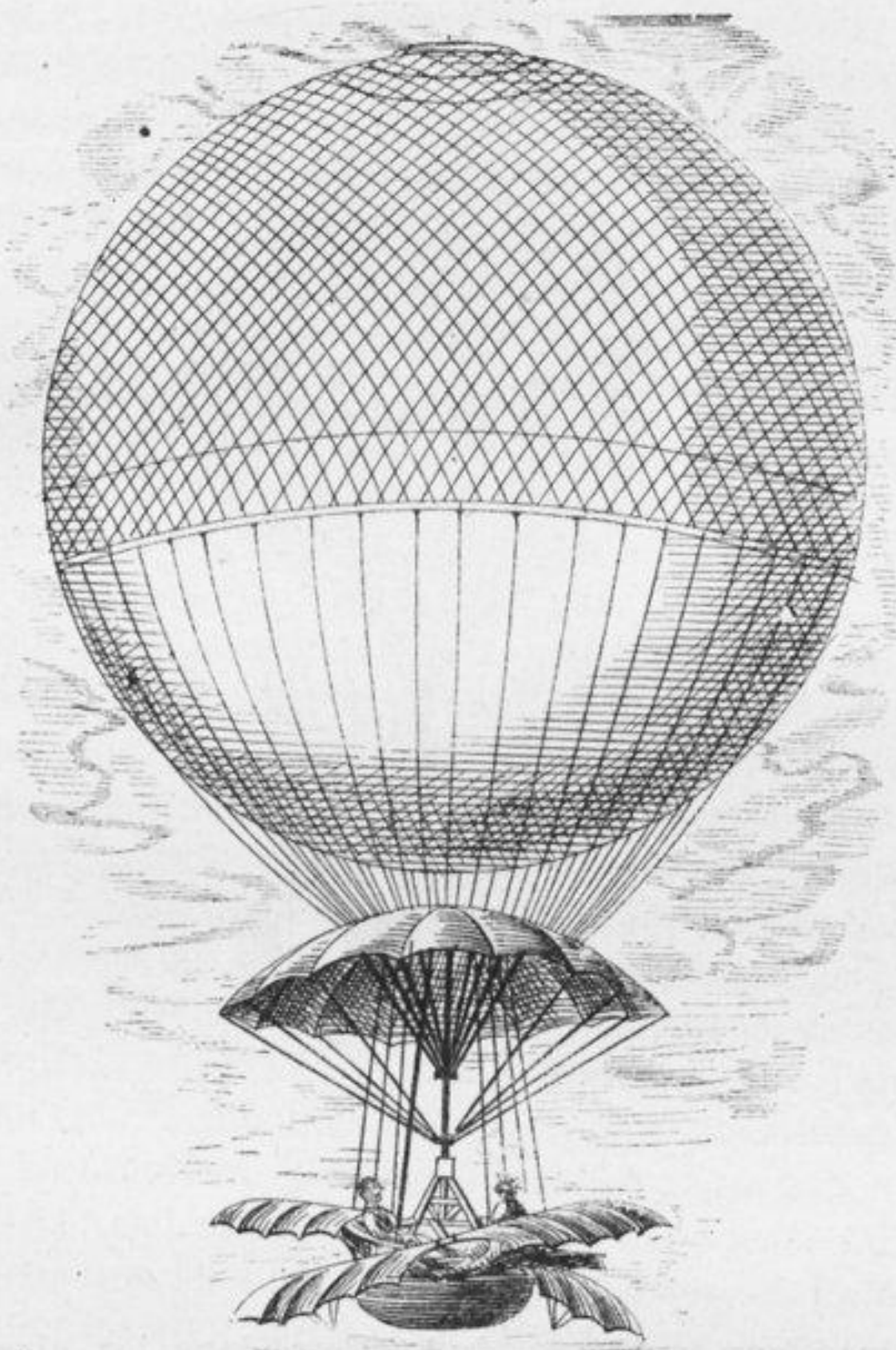


Fig. 389

palettes et un gouvernail; en outre, deux rames étaient destinées à battre l'air comme les ailes d'un oiseau (*fig. 390*). Ces divers organes étaient actionnés à l'aide de cordes par les aéronautes dans la nacelle où se trouvait adapté un deuxième système de rames. Le ballon, de 59 mètres de diamètre, était gonflé à l'hydrogène et cubait environ 350 mètres. Un cercle en bois, maintenu par le filet, entourait le ballon un peu au-dessous de l'équateur.

Les expériences furent continuées longtemps et à grands frais par l'Académie

de Dijon, et le rapport fait à cette dernière constate que la force restreinte dont l'aéronaute disposait lui permit cependant de donner au ballon une direction oblique par rapport au courant atmosphérique. C'était un résultat insignifiant, mais c'était tout ce qu'on était en droit d'attendre de cet appareil.

840. Meusnier. — Vers la même époque, le général du génie *Meusnier* fit de cette question une étude très complète. On ignore généralement que cet officier fut non seulement un excellent ingénieur militaire, mais encore un des meilleurs

géomètres et physiciens de son temps. Il avait consacré dix années à la solution du problème si délicat de la navigation

aérienne, et il s'était approché du but autant qu'on pouvait le faire alors.

Il a laissé à ce sujet un travail remar-

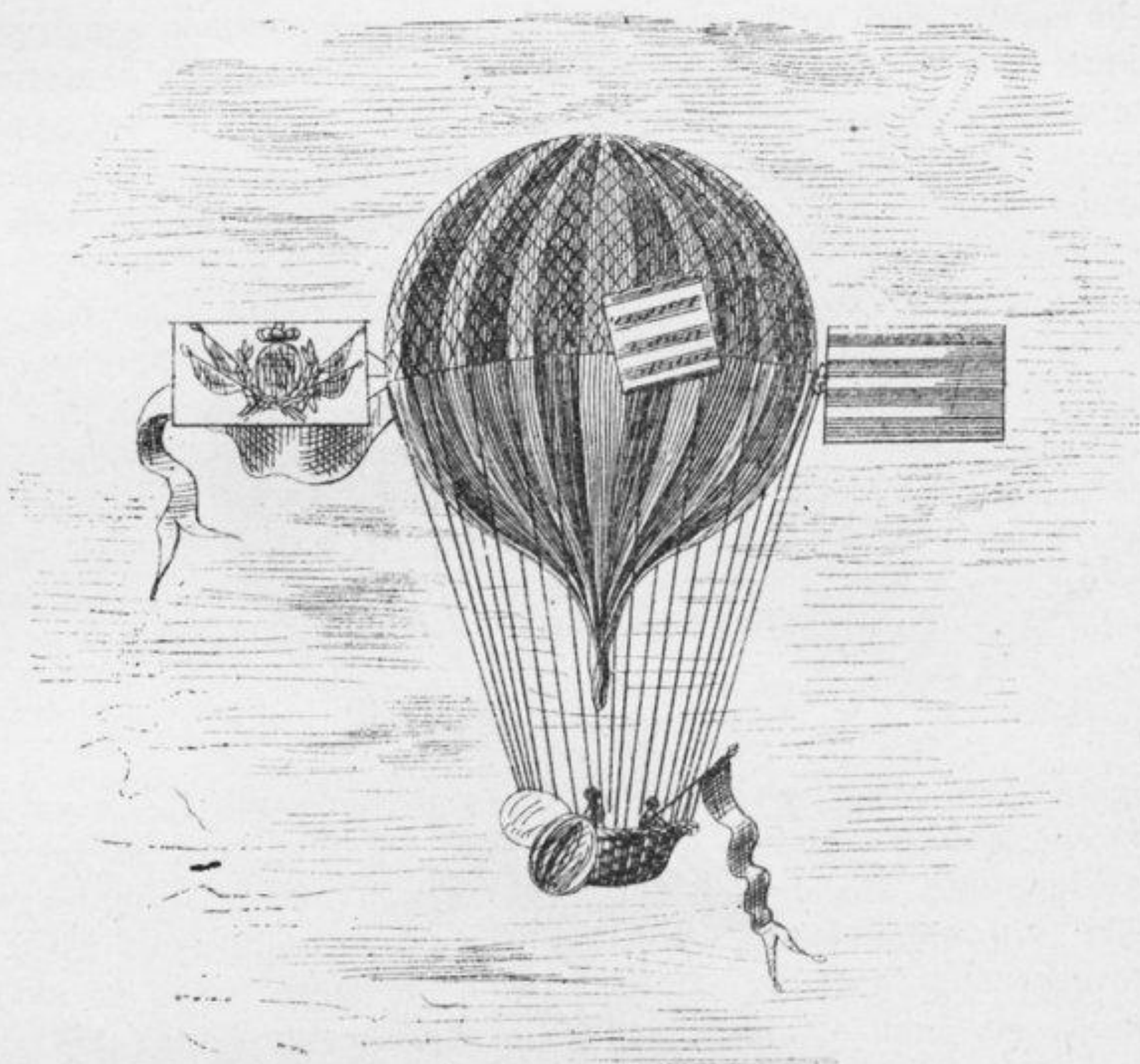


Fig. 390.

quable, qui a été placé aux archives du Dépôt des fortifications et à la Bibliothèque nationale, par arrêté de la Convention du 3 Vendémiaire, an II (24 septembre 1793).

Il proposait un ballon de *forme allongée*, avec double enveloppe.

L'espace de 70 pour 100 compris entre les deux enveloppes était rempli par l'hydrogène, et le ballonnet intérieur était dans une espèce de poche à air, où quatre doubles soufflets pouvaient, à volonté, comprimer de l'air. Par ce moyen, on arrivait à augmenter ou diminuer à volonté la force ascensionnelle du ballon extérieur, sans perdre le gaz et sans jeter de lest, de sorte que l'aérostat pouvait, dans ces conditions, prolonger son

séjour dans les airs. Nous verrons que M. Dupuy de Lôme employa le même procédé pour tenir l'étoffe du ballon constamment tendue.

L'emploi d'un gouvernail et de trois hélices est également indiqué dans le projet du général Meusnier qui avait préparé les plans, dessins, dévis et calculs nécessaires pour passer à l'exécution. Les organes de propulsion étaient manœuvrés par des hommes, et il les considérait plutôt comme un moyen de dérivation momentanée, car il avait eu soin de recommander aux aéronautes de sonder l'atmosphère en s'y élevant, et de chercher les courants qui pourraient les aider à avancer dans la direction voulue, ou tout au moins ceux qui s'en écartaient

le moins. Il avait aussi pressenti les progrès que l'aérostation est appelée à faire réaliser à la météorologie. Il a inventé également une ancre-javelot pour atténuer les effets de l'atterrissage.

Le projet de Meusnier, quoique très justement apprécié par la Convention, ne fut jamais mis à exécution, parce qu'on recula devant la dépense considérable nécessaire, pour un résultat d'ailleurs incertain. Mais, malgré ces études si complètes, malgré les idées ingénieuses des savants de la valeur des Guyton de Morveau, des Lalande et des Meusnier, aucune des tentatives faites dans le début pour la direction des ballons ne pouvait réussir, parce que le moteur humain employé était absolument insuffisant et que les organes de propulsion étaient par trop imparfaits. C'est même pour n'avoir pas tenu compte des principes posés par Meusnier que les recherches concernant la direction des ballons ont suivi pendant longtemps une marche vicieuse et n'ont pas donné de résultats sérieux.

Dans son rapport sur la machine aérostatique de MM. Montgolfier, présenté le 23 décembre 1783 à l'Académie des sciences par un de ses membres les plus érudits, M. Brisson, celui-ci insistait dès lors sur l'importance de la forme allongée à donner aux ballons pour les diriger.

841. Les frères Robert. — Nous ne ferons que rappeler en passant l'échec pitoyable de l'aérostat dirigeable de l'abbé *Miolan* et *Janinet*.

Le système consistait en un grand écran en forme de queue de poisson, que les aéronautes devaient manœuvrer dans la nacelle à la façon d'une godille.

Ce furent les frères *Robert* qui expérimentèrent le premier aérostat allongé, le 15 juillet 1784. Ce ballon cylindrique allongé avait une nacelle également allongée ; celle-ci était munie de cinq parasols ou ailes de tafetas en forme de rames, qui devaient servir de propulseurs, et d'un gouvernail rectangulaire.

Par suite de circonstances peu favorables, il ne fut pas possible d'expérimenter les appareils de propulsion dans cette ascension.

Une nouvelle expérience eut lieu le 19 septembre 1784, et les aéronautes affirmèrent qu'elle eut le succès le plus complet, mais tout porte à croire que les rames n'ont pas exercé la moindre influence sur la marche du ballon.

842. Autres expériences. — En 1784, l'aéronaute *Lunardi* (n° 827) faisait en Angleterre une ascension dans un ballon sphérique dont la nacelle était munie de deux grandes rames, dont il ne se servit même pas. Rappelons encore les essais faits en 1786 (n° 829) par le docteur *Potain*, avec une nacelle munie d'ailes ayant un certain rapport avec celle de *Blanchard* ; par *Testu-Brissy*, dont le ballon avait un propulseur consistant en deux roues analogues à celles de nos bateaux à vapeur ; par le comte *Zambeccari*, qui exécuta plusieurs tentatives de direction aérienne au moyen de rames, et à l'aide d'un système ascensionnel consistant à joindre une montgolfière à un ballon à gaz, et qui périt dans une expérience faite le 5 septembre 1812 ; par *Alban* et *Vallet*, dont la nacelle portait deux ailes à quatre branches, à la façon des moulins à vent.

En 1816, *Pauly*, de Genève, l'inventeur du fusil à piston, construisit à Londres un ballon colossal qui avait la forme d'une baleine ; mais il n'obtint aucun succès.

M. *Lennox*, ancien colonel d'infanterie, construisit un aérostat de 50 mètres de longueur sur 20 mètres de hauteur. Il portait une nacelle de 20 mètres de long, pouvant enlever dix-sept personnes, et était muni d'un gouvernail, de rames tournantes, etc. C'était un ballon de système mixte, tenant à la fois du ballon planeur et du ballon à propulseur. On eut toutes les peines du monde à le transporter, le 17 août 1834, des ateliers où il avait été gonflé jusqu'au Champ-de-Mars, où on devait l'expérimenter. Mais il ne

put être question d'ascension et la malheureuse machine fut mise en pièces par la foule.

Enfin nous signalerons les essais de *Petin*. Celui-ci avait imaginé de construire un système formé de plusieurs ballons sphériques, enlevant une grande charpente au centre de laquelle on pouvait disposer de plans inclinés, pour diriger le système dans les mouvements de montée et de descente. Mais *Petin*, ex-bonnetier, était un ignorant qui savait à peine calculer la force ascensionnelle d'un ballon, et qui ne parvint qu'à force de réclame à recueillir les fonds nécessaires pour construire son ballon. Il ne réussit d'ailleurs pas à s'élever une seule fois dans les airs avec le grand navire aérien complet et échoua piteusement.

843. Projets. — Mais si, pendant la période comprise de 1790 à 1850, les essais de direction des ballons furent presque insignifiants et ne firent pas avancer la

question, il en est de même des projets les plus divers et les plus chimériques, qui écloreient de toute part et en grand nombre. Leur examen nous entraînerait trop loin et n'offrirait qu'un intérêt de curiosité, car tous étaient absolument irréalisables (1).

On compte entre autres, par centaines, les projets de ballons à voiles; mais il n'y a pas de vent en ballon, l'aérostat se déplace avec la masse d'air au sein de laquelle il est immergé, et, quand il plane horizontalement, la flamme d'une bougie n'y oscillerait pas plus qu'aucune voile ne s'y trouverait jamais gonflée. Il nous faut arriver aux expériences de *M. Giffard*, en 1852, pour signaler des recherches vraiment dignes de ce nom.

Ajoutons encore que les insuccès des premiers essais furent cause du peu de travaux entrepris ensuite dans ce sens, ainsi que de l'application pratique que l'on chercha à faire de l'aérostation pour les besoins de la guerre.

§ II. — DIRECTION A L'AIDE DE LA FORCE MOTRICE PRODUITE PAR LA VAPEUR OU L'ÉLECTRICITÉ.

844. Principes généraux. — Nous empruntons à un remarquable article publié par *M. Jamin*, l'éminent secrétaire perpétuel dont l'Académie des sciences déplore la perte, dans la *Revue des Deux-Mondes* de janvier 1885, les principes généraux de la direction des aérostats par la propulsion mécanique.

« Si on veut diriger un ballon, il faut une force; il faut le munir d'un moteur capable de l'entraîner, d'un propulseur qui puisse au besoin lui faire remonter les courants d'air. Quand on veut faire marcher une voiture, on y attelle un cheval, un wagon exige une locomotive, un bateau des rameurs travaillant; l'oiseau n'a pas seulement des ailes, il produit la force

musculaire qui les anime; de même le ballon doit être remorqué par une machine faisant du travail. Que cette machine soit un moteur animé, électrique, à vapeur, à gaz, peu nous importe en théorie, mais, quelle qu'elle soit, il en faut une.

« Telle est l'indiscutable nécessité que nous devons subir pour diriger un ballon.

« Ce n'est pas tout d'avoir un moteur, nous devons encore chercher comment nous l'emploierons. C'est ici que se place la terrible question du point d'appui, de l'action et de la réaction. Prenons des

(1) On en trouvera une description complète dans la *Navigation aérienne* que *M. Gaston Tissandier* a publié à la librairie (*Bibliothèque des Merveilles*), ouvrage auquel nous avons eu souvent recours.

exemples : on tire un coup de canon ; la poudre enflammée produit un gaz qui se détend, c'est la force ; il chasse le boulet, c'est l'action ; mais la pièce recule, c'est la réaction. Seulement la pièce prend moins de vitesse que le boulet parce qu'elle est plus lourde. Un animal détend ses muscles pour sauter ; soyez sûr que la terre recule, mais elle est si incomparablement grosse que son recul est insensible. On exprime autrement ce phénomène en disant que le boulet prend un point d'appui sur la pièce, et l'animal qui saute, sur la terre. L'eau fait le même office dans un bateau à roues, les palettes chassent l'eau en arrière, mais le navire avance et, s'il est à hélice, vous voyez un courant d'eau vivement lancé qui recule. Enfin l'air obéit à la même loi et fait la même fonction ; il sert d'appui ; et pour conclure : si nous fixions à la nacelle une hélice dont l'axe soit horizontal et que nous la fassions mouvoir, elle avancera grâce à la pression qu'elle exerce sur l'air postérieur ; elle entraînera nacelle et ballon, et tout le système deviendra un navire véritable, avec cette seule différence qu'il sera dans un autre fluide, dans l'air au lieu de travailler dans l'eau. Pour compléter la ressemblance, il conviendra de lui donner une forme allongée et de le munir d'un gouvernail, placé à l'arrière, formé d'une toile lisse et tendue qu'on pourra tourner vers la droite ou la gauche, remplissant les mêmes fonctions et obéissant aux mêmes principes que le gouvernail des vaisseaux.

« Cette construction réalisée, le ballon pourra être dirigé comme on le voudra dans une atmosphère en repos ; mais dans un courant d'air, il faut y ajouter une dernière et essentielle condition. Quand l'air est complètement immobile, l'aérostat n'a dans toutes les directions qu'une seule et même vitesse, celle que lui donne son moteur, et qu'on peut appeler sa *vitesse propre*. Quand l'atmosphère est en mouvement, il en a deux, la sienne et

celle du courant d'air qui s'y superpose. Si toutes deux sont parallèles et de même sens, elles s'ajoutent, mais si on met le cap à l'opposé du vent, elles se retranchent, et il peut arriver les trois cas suivants : 1° la vitesse propre est supérieure à celle du courant, alors le ballon peut marcher contre le vent qu'il dépasse ; 2° toutes deux sont égales : dans ce cas elles se détruisent et on reste en place ; 3° le vent est supérieur à la marche du moteur et on recule. La première condition seule permet d'avancer contre le vent, et comme ce vent n'est pas chose constante, qu'il est, suivant le cas, nul, modéré, le ballon sera dirigeable à certains jours, ne le sera pas dans d'autres ; dirigeable si le vent est moindre que la vitesse propre, indirigeable en tout sens, s'il est plus fort ; d'autant plus souvent dirigeable que le moteur sera plus puissant, la vitesse propre sera plus grande. La question est du ressort de la mécanique : faire un moteur léger et fort.

En résumé, la solution du problème exige quatre conditions : 1° un moteur ; 2° une hélice ; 3° un gouvernail ; 4° un vent inférieur à la vitesse propre. »

845. — *Projets et essais antérieurs à ceux de M. Giffard.* — Les premiers résultats pratiques obtenus dans cette voie résultent des expériences de M. Giffard en 1852.

Mais auparavant bien des projets avaient surgi, bien des essais avaient été tentés, dont quelques-uns étaient même sérieusement étudiés et reposaient sur des notions exactes, mais il leur manquait la machine pouvant leur fournir une force suffisante.

C'est en prenant pour point de départ les idées de Meusnier que M. *Marey-Monge* a proposé le premier de faire progresser des ballons allongés munis d'une hélice et d'un gouvernail, de machine à vapeur. Mais, à cette époque (1845-1847), les machines à vapeur atteignaient un tel poids par force de cheval, qu'il

aurait fallu des aérostats colossaux pour pouvoir enlever les machines et pour compenser, par la puissance de ces dernières, la résistance de l'air au mouvement du système.

846. Expériences de M. Giffard. — On obtint depuis des machines à vapeur moins lourdes. Un jeune ingénieur, M. Giffard (l'inventeur de l'injecteur), après avoir fait des expériences sur l'imperméabilité des enveloppes destinées à contenir l'hydrogène, étudia un moteur à vapeur très léger, marchant à grande vitesse, et il parvint, avec le concours de M. Flaud, à construire une petite machine à vapeur, de la force de

trois chevaux ne pesant que 45 kilogr. et faisant trois mille tours par minute.

C'est à M. Giffard que revient en outre le mérite d'avoir construit le premier aérostat à vapeur, avec le concours de deux de ses amis. MM. David et Sciama, ingénieurs à l'École centrale.

Il déclara d'ailleurs avoir tiré profit des expériences remarquables faites en 1850, avec un petit aérostat dirigeable, inventé par un horloger de Villejuif, nommé Jullien, aérostat qui avait une forme analogue à celle qui a été adoptée par MM. Renard et Krebs. Ces expériences parurent donner des résultats concluants.

L'aérostat de M. Giffard (*fig. 391*) était

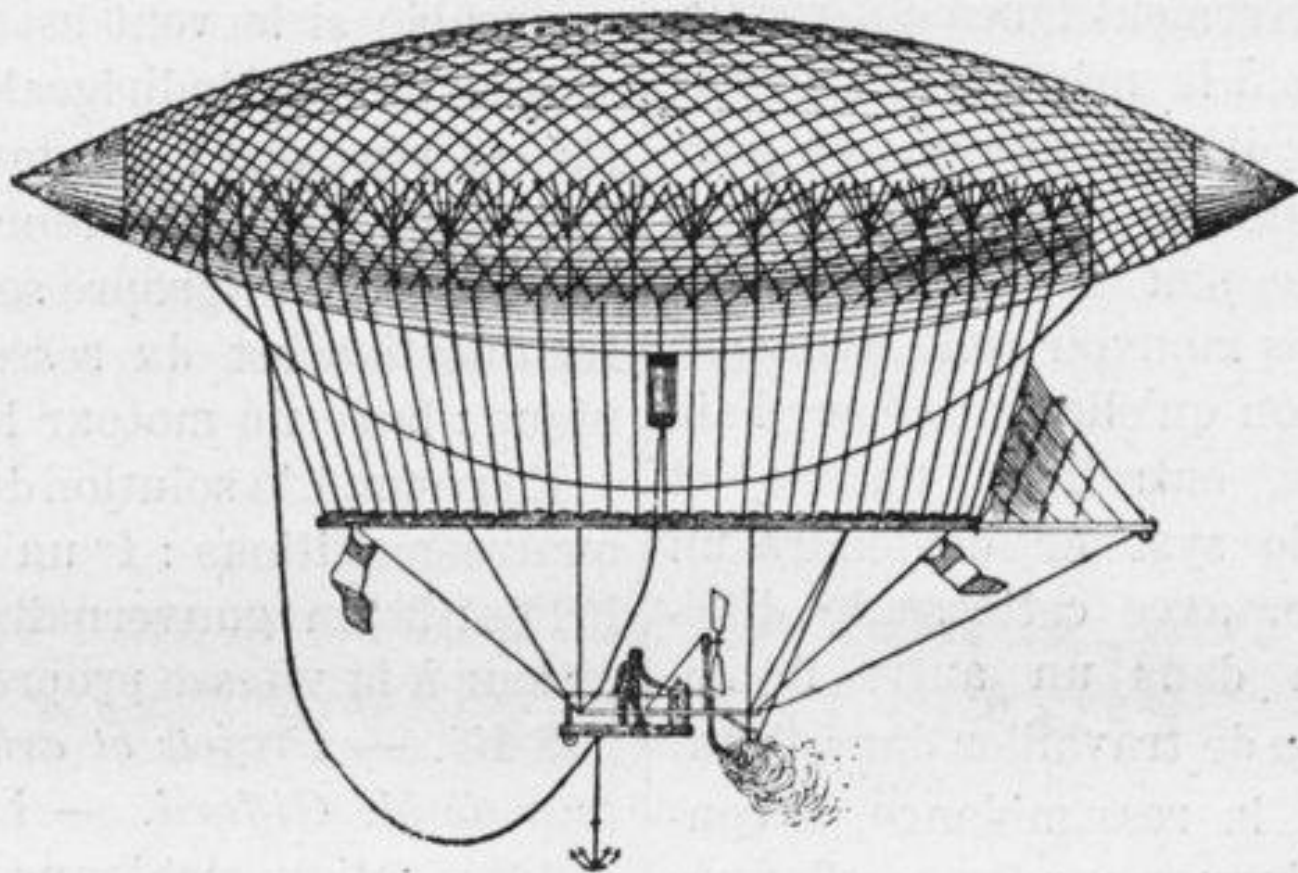


Fig. 391.

de forme très allongée ; il avait 44 mètres de longueur et son diamètre à l'équateur, était de 12 mètres ; il pouvait contenir environ 2,500 mètres cubes de gaz d'éclairage. Il était enveloppé de toute part, sauf à sa partie inférieure et aux pointes, d'un filet dont les extrémités venaient se réunir sur une traverse en bois de 20 mètres de longueur. A l'un des bouts de cette traverse était disposée une espace de voile triangulaire, mobile autour d'un axe de rotation et formant gouvernail et quille.

La machine à vapeur reposait, avec tous ses accessoires, sur un châssis sus-

pendu à la traverse et à une distance de 6 mètres de celle-ci.

Cette machine à vapeur avait une chaudière verticale et à foyer intérieur sans tubes à feu ; le tuyau de la cheminée était renversé afin de ne pas mettre le feu au gaz. Le propulseur, formé d'une hélice à trois palettes pleines, avait 3^m,40 de diamètre et faisait cent dix tours à la minute. Il était fixé sur un arbre coudé, actionné par le piston, par l'intermédiaire d'une bielle. La force développée était celle de trois chevaux, représentant celle de vingt-cinq à trente hommes (*fig. 392*).

La machine et la chaudière vides

pesaient 150 kilogrammes; avec l'eau et le charbon, au départ, elles étaient du poids de 210 kilogrammes; les accessoires et les approvisionnements pesaient, en outre, 420 kilogrammes.

L'expérience fut faite à Paris, à jour fixe, le 24 septembre 1852. Le ballon était monté par M. Giffard seul et s'éleva rapidement à 1,800 mètres. Il exécuta avec le succès le plus complet différentes manœuvres de mouvements circulaires et de déviation latérale. Sa vitesse propre, qui n'était que de 2 à 3 mètres par seconde, ne lui permit pas de lutter directement contre le vent qui, ce jour-là, soufflait avec une assez grande violence.

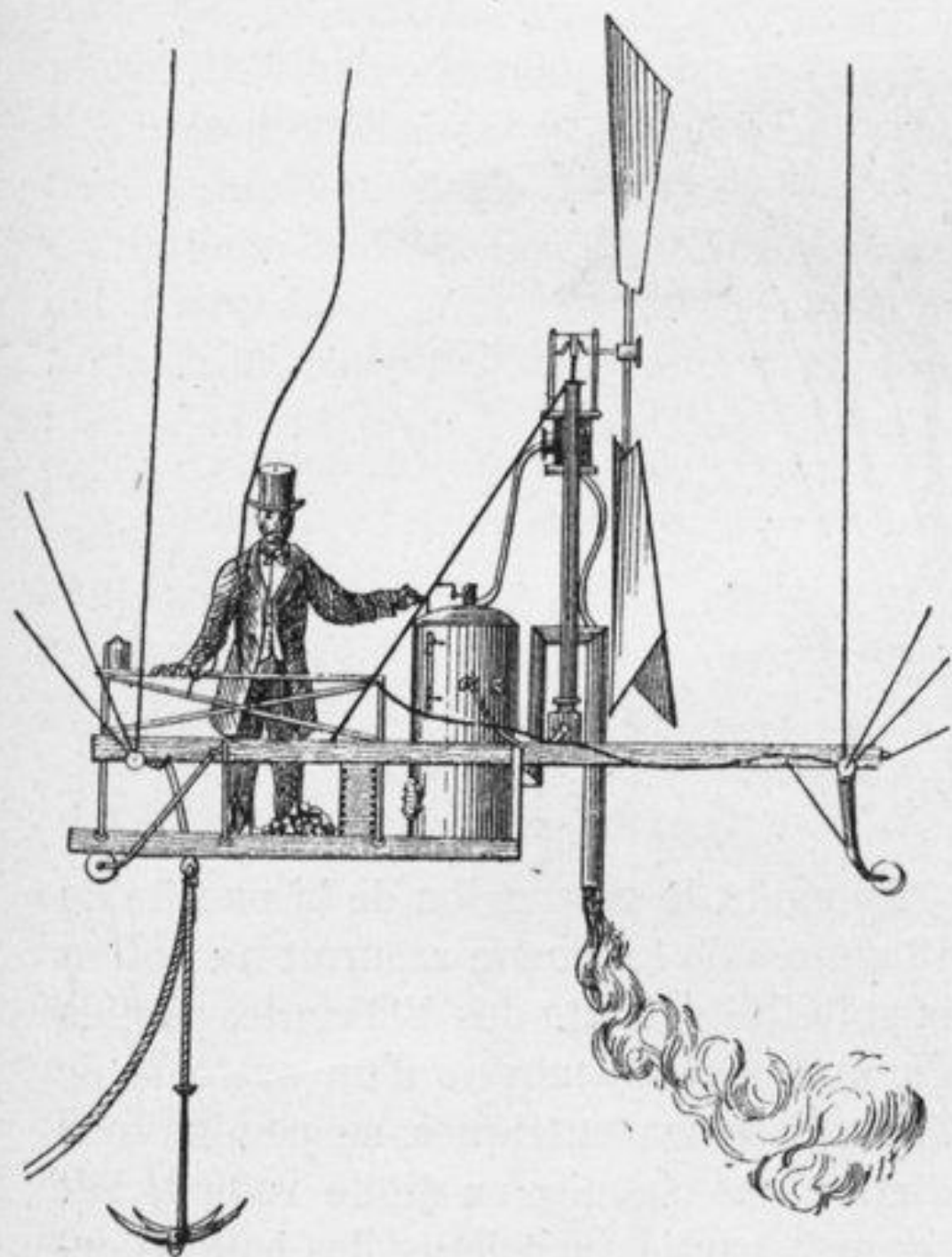


Fig. 392

Bien que cette expérience, fort remarquée à juste titre, n'ait pu, à cause du vent, donner des résultats satisfaisants ni probants, on a pu constater que le navire aérien avait une vitesse propre très appréciable, puisque l'action du gouvernail se faisait sentir avec une grande sensibilité.

Ce n'est qu'en 1855 que M. Giffard put recommencer de nouvelles expériences. Son aérostat, qui avait l'aspect d'un cigare à deux pointes, était entièrement allongé et hardi; il avait 70 mètres de longueur et seulement 10 mètres de diamètre au milieu. Il cubait 3,200 mètres et avait une machine plus puissante qu'en 1852. M. Giffard était accompagné de M. Yon dans cette ascension, dans laquelle il arriva à obtenir la déviation latérale du navire aérien et la déviation de la ligne du vent, par les mouvements combinés du gouvernail et de l'hélice. Il prétend, d'ailleurs, que s'il n'est pas arrivé à la direction absolue, c'est que la vitesse du vent dépassait encore la vitesse propre de l'aérostat.

Cette ascension de 1855 fut rendue particulièrement dangereuse, par l'absence d'un moyen propre à tenir le ballon oblong toujours plein et parfaitement gonflé. Le ballon descendit avec son grand axe sensiblement vertical, mais heureusement près de terre, il s'échappa complètement de son filet, qui vint retomber sur la tête des aéronautes.

Cette expérience prouve surabondamment que le ballon allongé, avec son grand axe placé horizontalement, ne peut fonctionner que s'il reste toujours complètement gonflé, d'autant plus que la rectitude des formes ne peut être maintenue sans cela, et l'on sait que l'action du gouvernail est impossible si les formes ne restent pas régulières.

Giffard continua à faire des expériences en petit pour étudier parfaitement les conditions de stabilité et de fonctionnement dans l'air des aérostats allongés. Il se proposait également de construire un aérostat allongé gigantesque pouvant cuber 220,000 mètres. Mais il dut abandonner toutes ces recherches fort coûteuses et, pour ne pas délaisser les études aérostatiques qui furent sa préoccupation constante, il construisit des ballons captifs, comme nous l'avons vu (n° 831).

On ne sait pourquoi les belles expériences de M. Giffard, qui faisaient faire à la question de la direction des ballons un pas décisif et ouvraient une voie nouvelle, ne furent pas connues et appréciées immédiatement comme elles le méritaient, car elles auraient certainement trouvé des imitateurs qui auraient perfectionné et complété ce qui était défectueux.

847. Expériences de M. Dupuy de Lôme. — M. Dupuy de Lôme, l'éminent constructeur des premiers vaisseaux cuirassés, s'inspirant des recherches et des expériences du passé, mais surtout de celles de M. Giffard, a fait sur les bal-

lons dirigeables une étude complète et raisonnée. Chargé, pendant le siège de Paris, de construire un ballon à hélice pour essayer de sortir de la capitale et d'y rentrer ensuite, en profitant d'un vent favorable, il ne put mener ses travaux à bonne fin qu'à la fin de 1871, et expérimenter son système que le 2 février 1872.

Ce ballon, de forme allongée (*fig. 393*), avait 36 mètres de longueur et 14^m,84 de diamètre à l'équateur ; il était gonflé à l'hydrogène pur et cubait 3,450 mètres. Afin de maintenir la permanence de la forme, M. Dupuy de Lôme imagina de

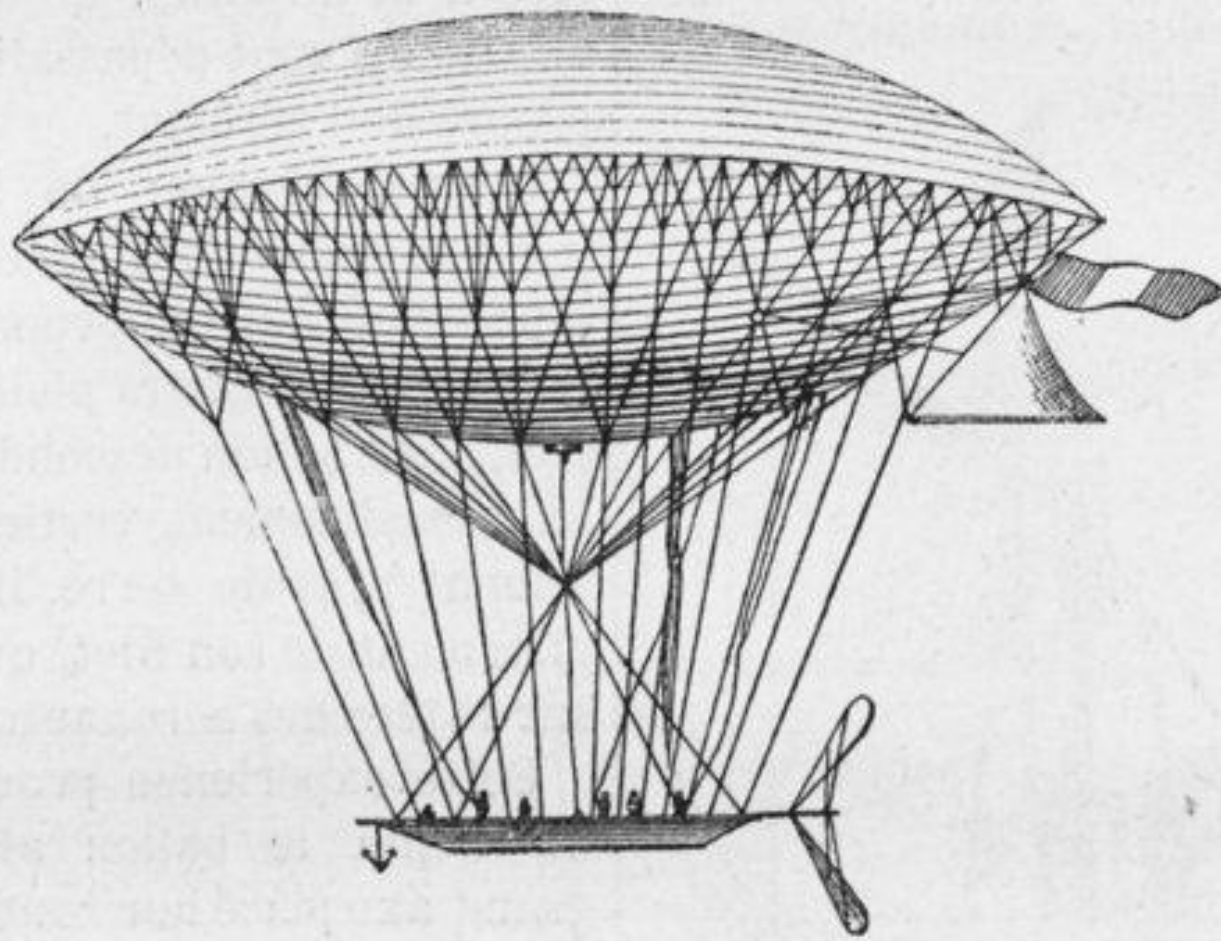


Fig. 393.

placer à l'intérieur du ballon une poche ou ballonnet intérieur d'une capacité égale à 1/10 de celle de l'aérostat.

Un ventilateur manœuvré de la nacelle permettait d'introduire dans cette poche de l'air au fur et à mesure de la déperdition du gaz ; il arrivait également, par ce moyen, à faire varier sa force ascensionnelle sans soupape et sans lest. L'hélice de propulsion, à deux branches de 6 mètres de diamètre, se trouvait à l'arrière de la nacelle ; au lieu d'être actionnée par une machine, elle était mise en mouvement par huit hommes, qui pouvaient imprimer à l'appareil une vitesse relative de 8 kilomètres à l'heure.

Le mode de suspension de la nacelle de 13 mètres de longueur assurait au ballon la stabilité parfaite des différentes parties du système, au moyen d'un système de deux filets concentriques, suspendus tous deux à une chemise en étoffe remplaçant toute la partie supérieure des ballons ordinaires. Le gouvernail était placé sous le ballon près de la pointe arrière.

L'essai de cet aérostat eut lieu par un vent d'une vitesse de 15 mètres par seconde, supérieure par suite à celle de la force motrice, de sorte que celle-ci ne put être suffisante pour produire une déviation sensible, mais les divers organes fonctionnèrent convenablement.

D'après M. Dupuy de Lôme, cette expérience permet de considérer comme résolues les questions d'obéissance au gouvernail, de stabilité et de permanence des formes, ainsi que le mode de suspension de la nacelle et la facilité d'atterrir par un grand vent. La seule partie du problème restant à trouver était un moteur mécanique ne présentant pas de danger d'incendie, et pouvant procurer une vitesse suffisante (25 ou 30 kilomètres à l'heure), pour rendre pratique l'emploi des ballons dirigeables. On voit que M. Dupuy de Lôme a banni la vapeur comme moteur : 1° par crainte de communiquer par la chaudière le feu à l'hydrogène du ballon ; 2° parce que le moteur à vapeur n'est pas un système à poids constant.

L'illustre ingénieur ne poursuivit pas ses recherches, et la gloire de résoudre complètement le problème devait appartenir à MM. les capitaines Renard et Krebs.

M. Gabriel Yon a publié en 1880, un

projet d'aérostat à vapeur, avec deux hélices de propulsion. Mais, faute de fonds, ce projet bien étudié ne put être mis à exécution.

848. Expériences de MM. Albert et Gaston Tissandier. — Les frères Tissandier firent entrer la question dans une phase nouvelle en 1881, en cherchant les premiers à appliquer l'électricité à la propulsion des aérostats. Ils partirent de ce principe que l'aérostation exige un moteur léger qui fonctionne sans feu, et qui travaille à poids constant. Le moteur inventé primitivement par eux se composait de trois parties distinctes.

1° D'un propulseur à deux palettes hélicoïdales de 2^m,85 de diamètre, recouvertes de soie vernie et maintenues à l'état de fixité par des tendeurs en fils d'acier. Cette hélice, construite avec beaucoup de soin sur les plans de M. Victor Tatin, ne pèse que 7 kilogr ;

2° D'une machine dynamo-électrique Siemens (*fig. 394*), nouveau modèle réduite

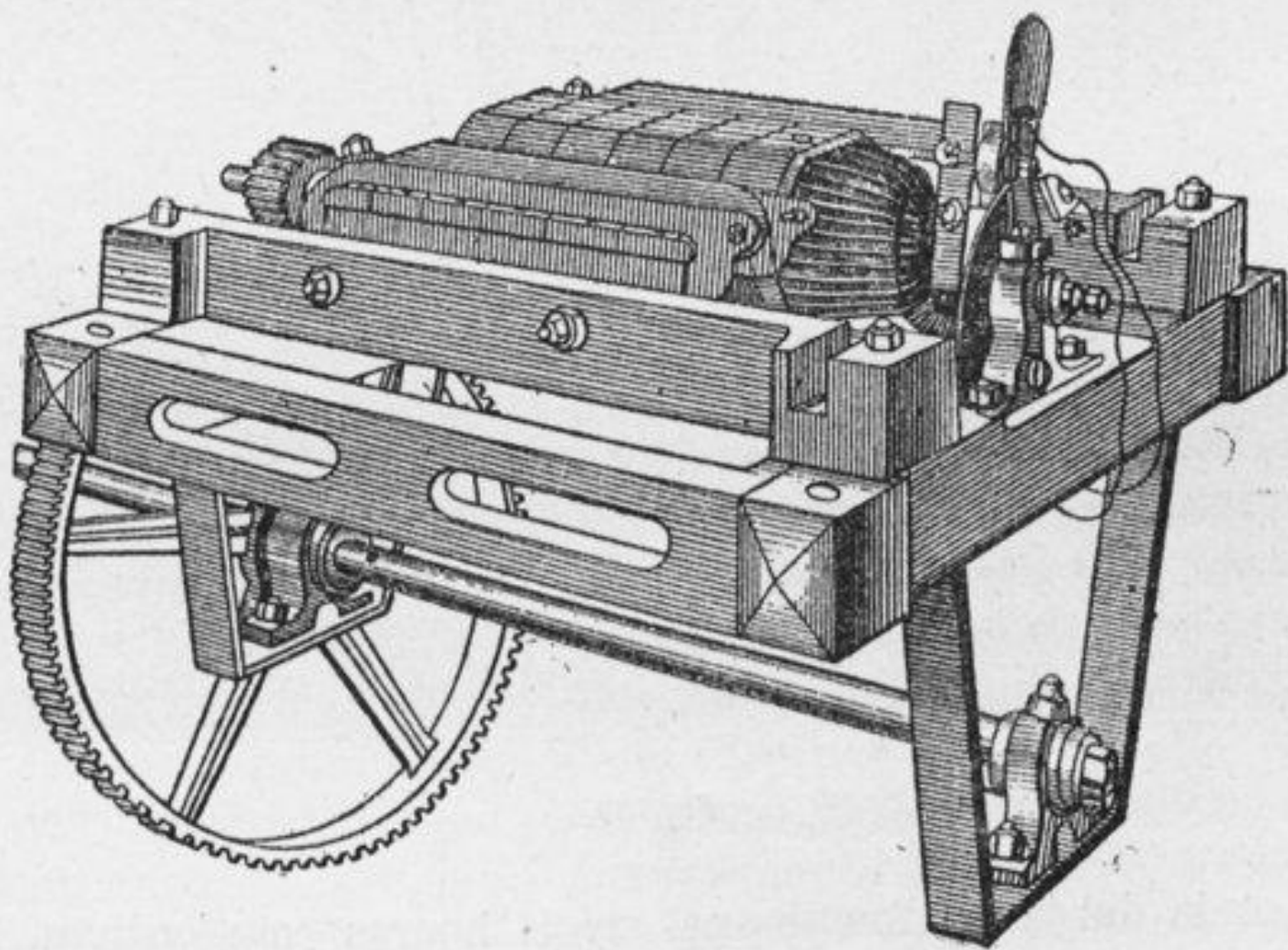


Fig. 394.

au minimum de poids de 55 kilogrammes. La bobine est très longue par rapport au diamètre. Cette machine commande l'hélice au moyen d'un engrenage au $\frac{1}{10}$. C'est-à-dire que quand la bobine fait

mille deux cents tours à la minute, l'hélice en fait cent vingt. On a pu obtenir un travail effectif de 100 kilogrammes par seconde avec un rendement de 55 % ;

3° D'une batterie de piles légères au

bichromate de potasse. Cette pile, qui permet d'obtenir un débit plus considérable qu'en employant des accumulateurs sous le même poids, se compose de vingt-quatre éléments, montés en tension et divisés en quatre séries. Un élément se compose d'une auge parallépipédique en caoutchouc durci, de quatre litres de capacité, contenant dix lames de zinc et onze lames de charbon de cornue,

montés alternativement sur des tiges leur servant de support. La surface immergée des zincs est le tiers de celle des charbons. Le poids de chaque élément est de 7 kilogrammes.

Cette pile, chargée d'une solution très concentrée et très acide, fonctionne d'une manière continue et constante pendant plus de deux heures.

Le liquide s'échauffe à mesure qu'il

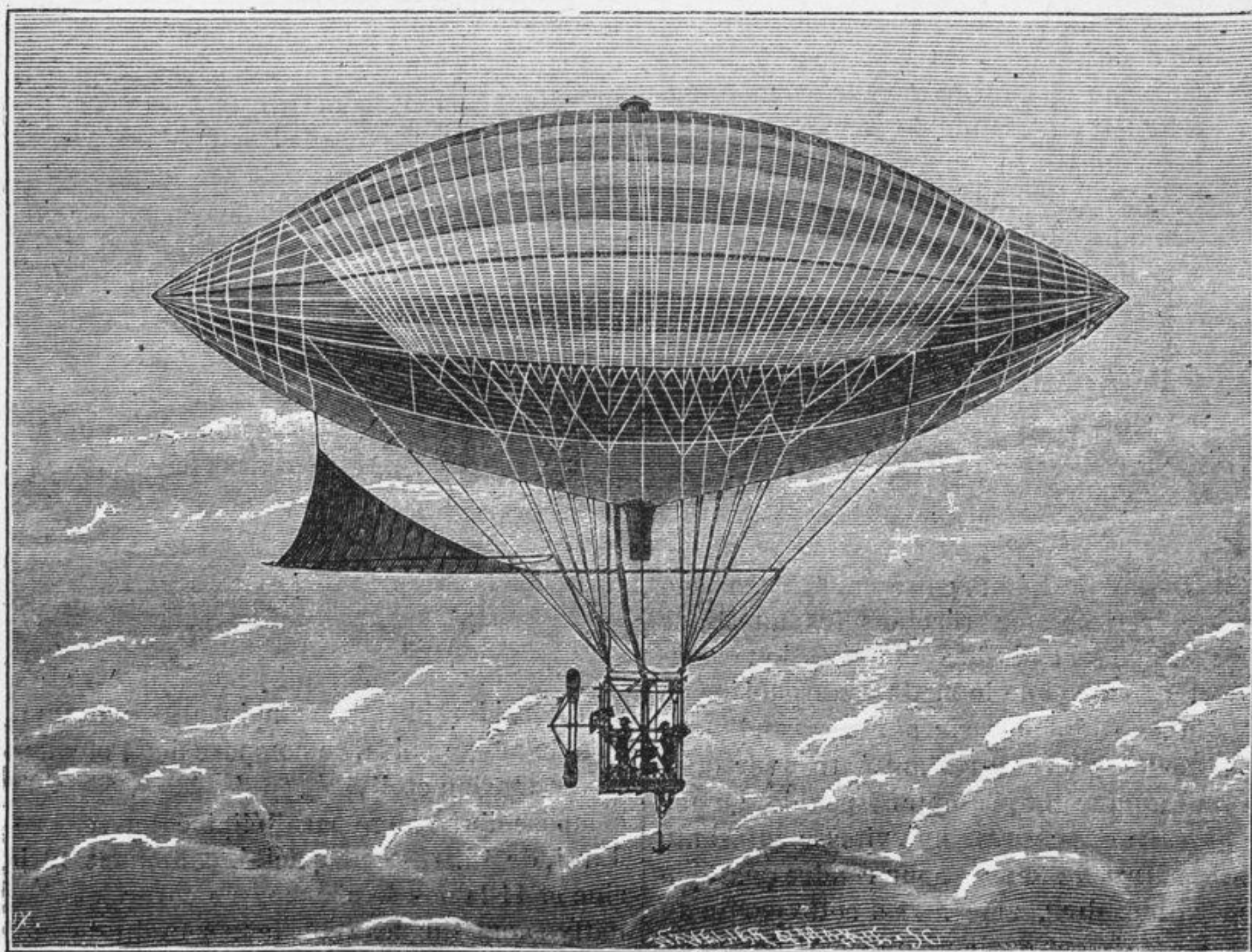


Fig. 393.

s'appauvrit, et la durée du fonctionnement peut être prolongée par l'addition d'acide chromique.

Au moyen d'un appareil spécial, M. G. Tissandier avait pu déterminer que le propulseur en question, sous le poids de trois hommes, est capable de fournir régulièrement, pendant une durée de

trois heures consécutives, le travail de douze à quinze hommes, c'est-à-dire 75 à 100 kilogrammes.

Le 8 octobre 1883, MM. Tissandier exécutèrent une première ascension avec un aérostat dont le moteur était celui que nous venons de décrire. Ce ballon (fig. 393) avait 28 mètres de longueur de pointe en

pointe et son plus grand diamètre était de 9^m,20. Il ne cubait que 1,060 mètres et avait la forme d'un fuseau. Il était muni, à sa partie inférieure, d'un cône d'appendice terminé par une soupape automatique. La nacelle, d'une construction diffé-

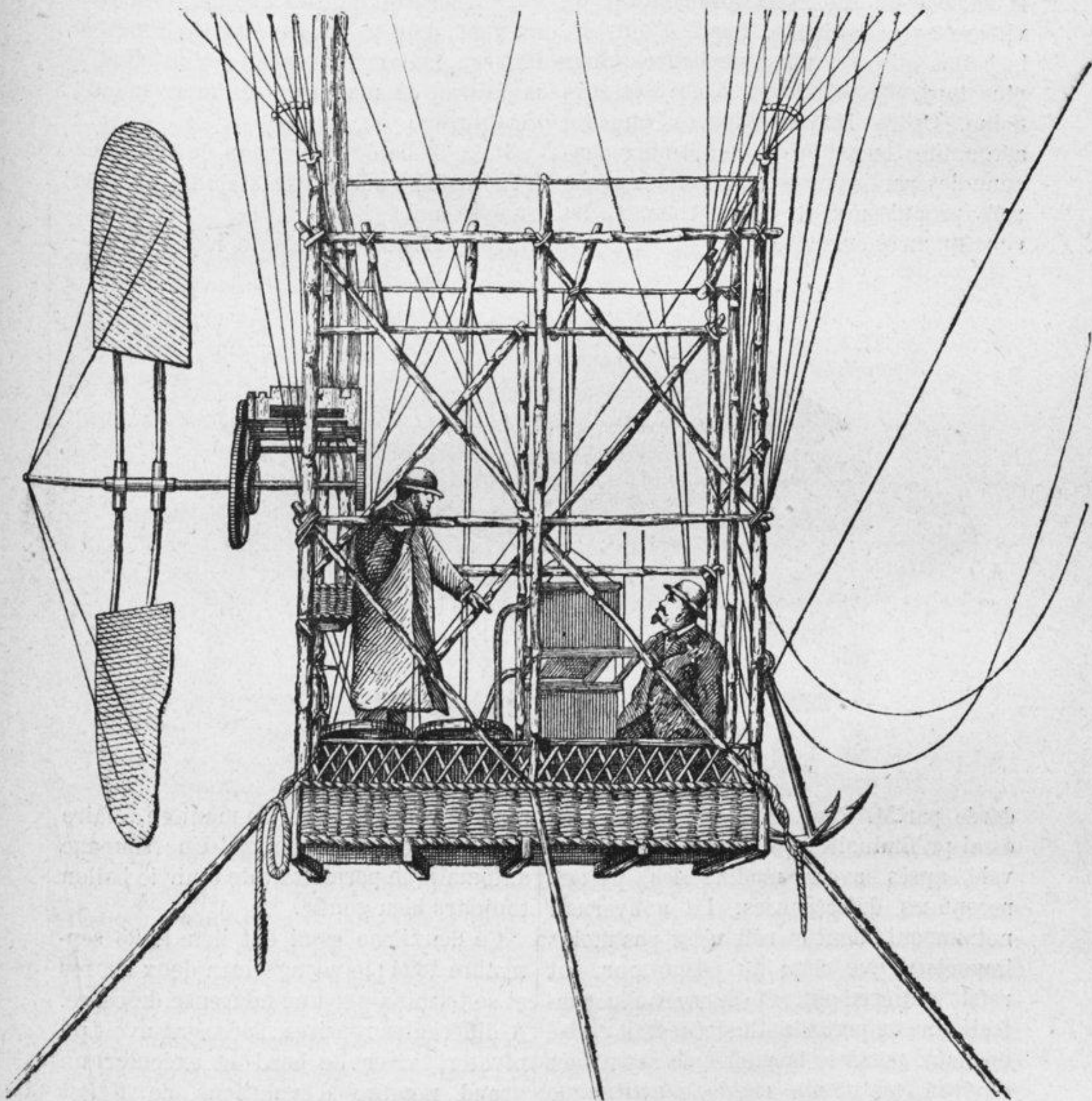


Fig 396.

rente de celles adoptées jusqu'alors, avait la forme d'une cage et était construite à l'aide de bambous assemblés, consolidés par des cordes et des fils de cuivre, recouverts de gutta-percha. Elle était

suspendue au ballon à l'aide d'un filet, dont la partie supérieure avait été remplacée par des angles obliques. Le gouvernail, adapté à l'arrière, était formé d'une grande surface de soie non vernie,

maintenue à sa partie inférieure par un bambou (*fig. 396*).

Cette ascension eut lieu par un temps convenable, avec un vent presque nul à la surface du sol, mais augmentant de vitesse avec l'altitude. Parti d'Auteuil, le ballon alla atterrir, une heure quinze plus tard, sans accident, à Croissy-sur-Seine. Outre les expériences que les aéronautes purent faire pour étudier chacune des parties constituant les appareils propulseurs, ils tirèrent encore les conséquences suivantes :

1° L'électricité fournit à l'aérostat un moteur des plus favorables et dont le maniement dans la nacelle est d'une incomparable facilité ;

2° L'aérostat put un instant tenir tête au vent, dont la vitesse était de 3 mètres environ, mais le gouvernail devint bientôt impuissant à maîtriser ses mouvements giratoires ;

3° Le mode de suspension de la nacelle à l'aérostat assurait une stabilité parfaite au système.

L'expérience précédente n'était consi-

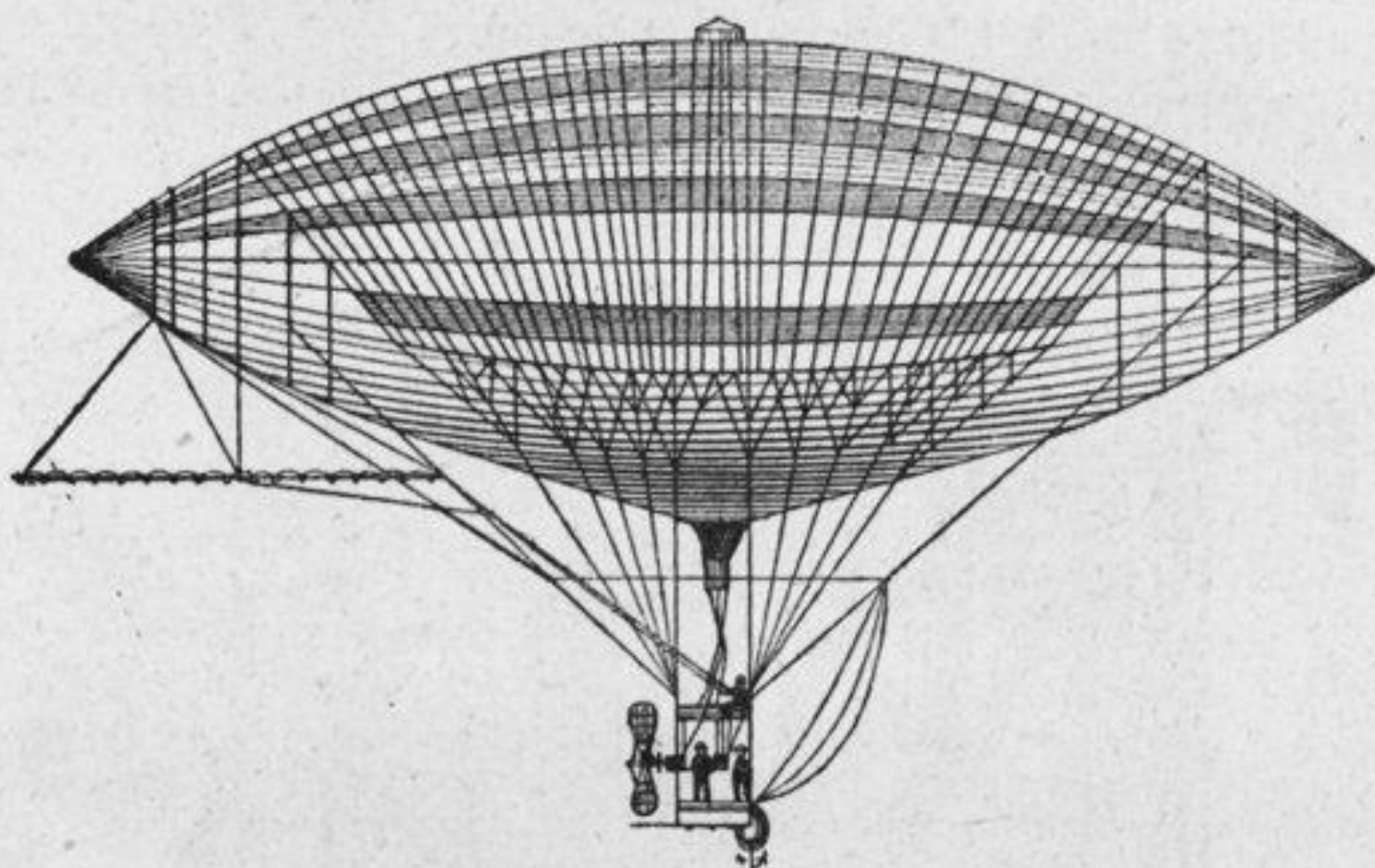


Fig. 397.

dérée par M. Tissandier que comme un essai préliminaire, qui devait être renouvelé après avoir modifié les parties reconnues défectueuses. Le gouvernail notamment, dont le rôle n'est pas moins important que celui du propulseur, fut refait entièrement. Ce gouvernail, confectionné en percaline lustrée, était divisé en deux parties ; la moitié de sa surface environ, maintenue rigide, constituait la quille du navire aérien, tandis que le gouvernail proprement dit, formant la suite de cette quille, pouvait être incliné à droite et à gauche (*fig. 397*) et déterminer, quand l'hélice était en rotation, un mouvement correspondant de tout l'appareil. En outre, ce gouvernail avait été

reporté vers l'arrière, de manière à faire saillie au delà de la pointe. Une soupape automatique permettait de tenir le ballon toujours bien gonflé.

Ce deuxième essai eut lieu le 26 septembre 1884 ; le voyage dura deux heures et se termina par une heureuse descente. A différentes reprises, l'aérostat avait pu pivoter, virer de bord et exécuter un grand nombre d'évolutions de toutes sortes avec une grande facilité, sous l'action de son gouvernail ; il remonta même à plusieurs reprises le vent, dont la vitesse était sensiblement la même (3 mètres à la seconde) que dans le premier voyage. Il y a lieu de faire remarquer que les aéronautes ressentirent certains mouve-

ments giratoires qui gênent leurs manœuvres, fait que l'on n'avait observé jusqu'alors que dans les ballons de forme ronde.

« Cette ascension, dit M. G. Tissandier, aura donné une démonstration expérimentale des aérostats fusiformes symétriques, avec hélice à l'arrière, et cela sans qu'il ait été nécessaire de rapprocher, dans la construction, les centres de traction et de résistance. La disposition que nous avons adoptée favorise considérablement la stabilité du système, sans exclure la possibilité de confectionner des aérostats très allongés et de très grande dimension, qui pourront seuls assurer l'avenir de la locomotion aérienne.

« MM. les capitaines Renard et Krebs ont brillamment démontré que l'hélice pouvait être placée à l'avant et qu'il était possible de rapprocher considérablement la nacelle d'un aérostat pisciforme auquel elle est attachée; ils ont obtenu, grâce à l'emploi d'un moteur très léger, une vitesse propre qui n'avait jamais été atteinte avant eux. Nous rendons hommage au grand mérite de MM. Renard et Krebs, comme ces savants officiers l'ont fait eux-mêmes à l'égard de l'antériorité de nos essais, en ce qui concerne l'application de l'électricité à la navigation aérienne. »

On voit que les frères Tissandier ont été bien près d'atteindre le but, et il est

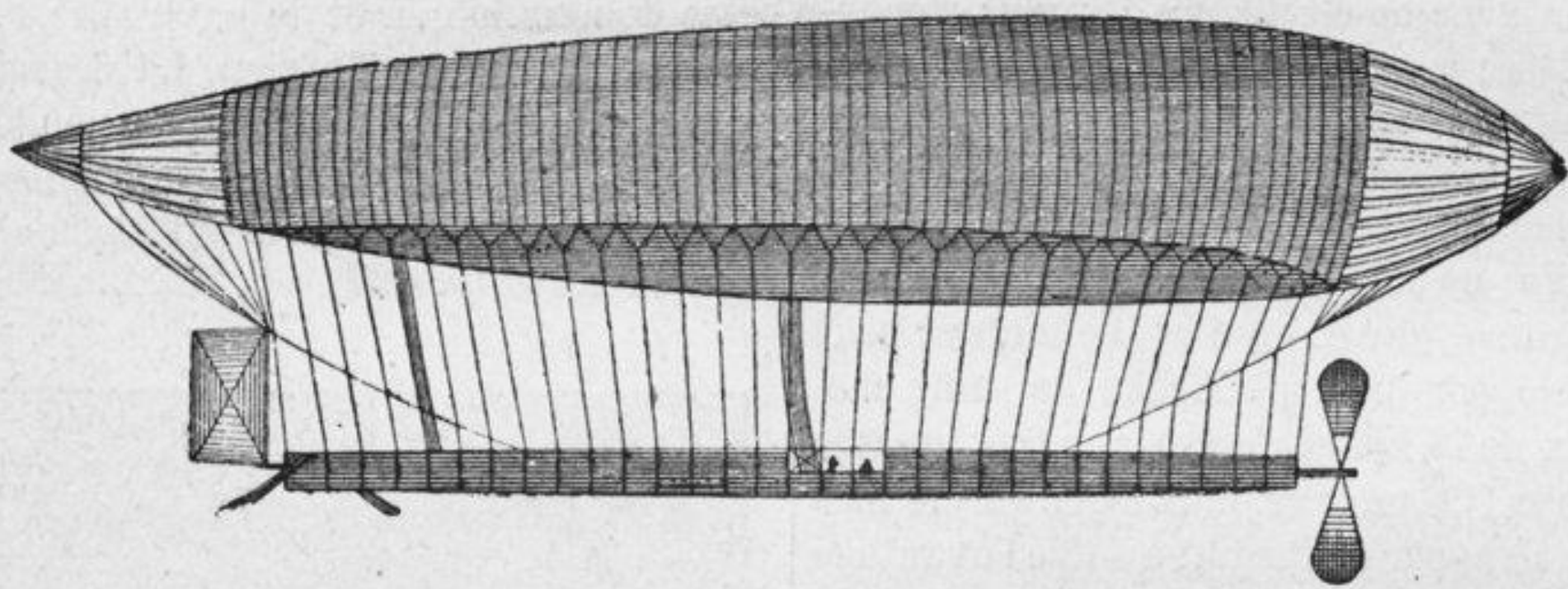


Fig. 398.

d'autant plus important de leur rendre justice qu'ils ont fait toutes les expériences à leurs frais et que, s'ils n'ont pu les mener à bonne fin, c'est peut-être faute de ressources suffisantes.

849. Expériences de MM. Renard et Krebs. — Nous verrons plus loin ce qu'est notre établissement d'aérostation militaire de Chalais Meudon et les perfectionnements que les savants officiers placés à sa tête ont apportés dans les diverses parties qui entrent dans la composition d'un ballon.

Après avoir étudié les ballons captifs et en avoir construit des plus complets, MM. Renard et Krebs ont cherché, discuté,

essayé pendant six ans la solution du problème de la direction des ballons.

Leur invention est surtout une combinaison ingénieuse d'appareils déjà appliqués au même but, mais amenés à leur plus haut degré de perfection.

Le ballon, en forme de poisson, avait 50^m,42 de longueur, 8^m,40 de diamètre et un volume de 1,864 mètres, il était enveloppé dans une espèce de housse qui ne laissait libre que sa partie inférieure (fig. 398).

La nacelle, très légère et de forme élégante, avait environ 33 mètres de longueur et 2 mètres de hauteur au milieu, vers lequel étaient ménagées trois petites

fenêtres; cette nacelle était tenue très près du ballon.

Contrairement à ce qui s'était fait jusqu'alors, l'hélice était placée à l'avant de la nacelle; de 7 mètres environ de diamètre, elle était formée de deux palettes concavo-convexes, recouvertes de soie.

Le gouvernail, à peu près rectangulaire, se trouvait entre l'arrière de la nacelle et l'arrière du ballon.

Le ballon, gonflé à l'hydrogène, était pourvu d'un ballonnet compensateur, dans lequel on introduisait l'air au moyen d'un tuyau partant de la nacelle; un autre tuyau servait probablement à assurer une issue à l'excès de gaz produit par la dilatation.

L'hélice était actionnée par une machine dynamo-électrique des plus remarquables; le générateur d'électricité était formé par une pile d'une puissance et d'une légèreté exceptionnelles, au sujet de laquelle M. Renard garde le secret.

Avec un poids total de 560 kilogrammes (machine, pile et liquide), ce moteur peut développer une puissance de huit chevaux de 75 kilogrammes pendant quatre heures. Ce moteur, plus léger que le moteur à vapeur Giffard, a en outre l'avantage d'exclure l'emploi toujours dangereux du feu sous le ballon.

Le 9 août 1884, à 4 heures du soir, par un temps presque calme, l'aérostat laissé libre, et possédant une très faible force ascensionnelle, s'élevait lentement jusqu'à la hauteur des plateaux environnant les ateliers de Chalais. La machine fut mise en mouvement, et bientôt, sous son impulsion, l'aérostat accéléra sa marche, obéissant fidèlement à la moindre indication du gouvernail. Pendant la marche, l'aérostat eut à subir quelques mouvements de tangage, de 2 à 3 degrés d'amplitude. Enfin, après un parcours qui dura vingt-trois minutes, le ballon fut ramené à son point de départ, après avoir décrit une courbe de 7 kilom. 500 de développement. Le poids enlevé (force ascen-

sionnelle totale) était de 2,000 kilogrammes environ.

Les inventeurs tinrent compte des résultats de cette expérience pour perfectionner certains détails de l'appareil servant à diriger le ballon et à compléter le système des piles qui actionnent le propulseur.

Le 12 septembre, à 4 heures 45 du soir, eut lieu une nouvelle expérience en présence du ministre de la guerre. Le navire manœuvra très bien sous l'action de son gouvernail, et put tenir tête, pendant quelques minutes, au vent dont la vitesse était de 20 kilomètres à l'heure, c'est-à-dire précisément la vitesse propre du ballon. Après dix minutes de fonctionnement, le moteur, par suite d'un accident, cessa de fonctionner et le navire fut emporté par le courant aérien. La descente s'effectua sans dégât matériel, et, pendant les quinze minutes d'activité du moteur, le ballon avait parcouru un espace de 5 kilomètres (fig. 399).

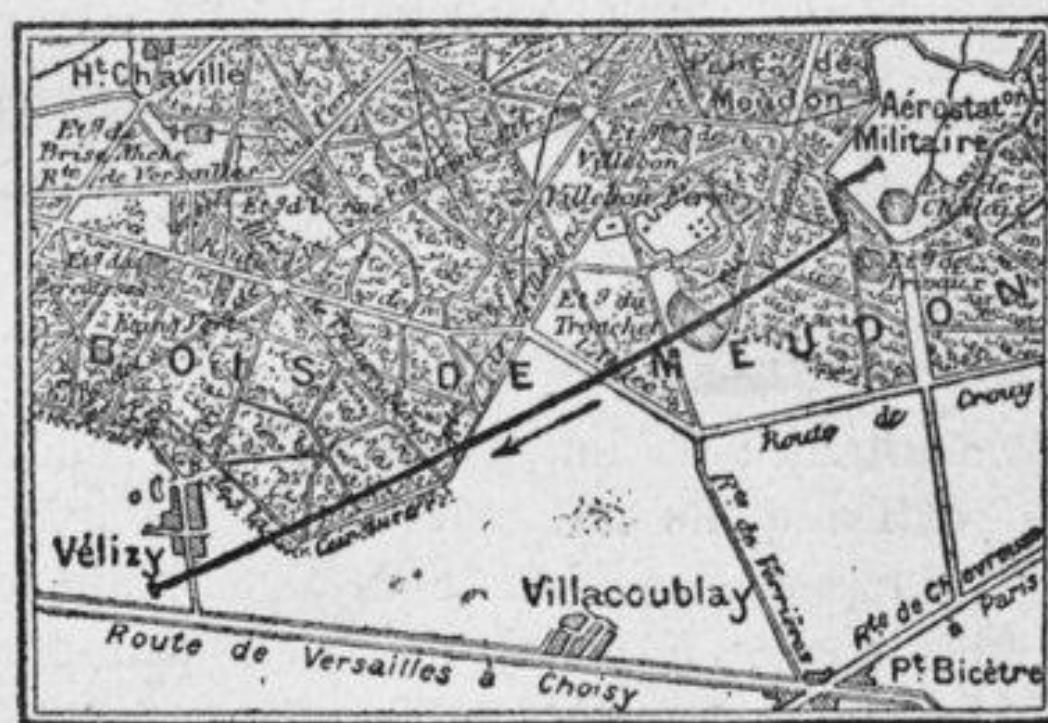


Fig. 399.

Le 28 octobre, les deux capitaines firent une nouvelle expérience qui réussit complètement, car ils purent, dans les deux ascensions qu'ils opérèrent ce jour-là, revenir les deux fois au point de départ. La première fois, le ballon, après s'être dirigé sur Billancourt en remontant le vent, décrivit un demi-cercle de 160 mètres de diamètre, puis revint vers son point

de départ à petite vitesse, et en tenant une parfaite stabilité de route (fig 400).

Leur voyage avait duré quarante-cinq minutes; le succès fut favorisé parce que la vitesse du vent n'était que de 8 kilomètres à l'heure.

La deuxième ascension de ce jour ne

M. Gramme: elle pouvait faire trois mille six cents tours par minute et, pendant



Fig. 400.



Fig. 401.

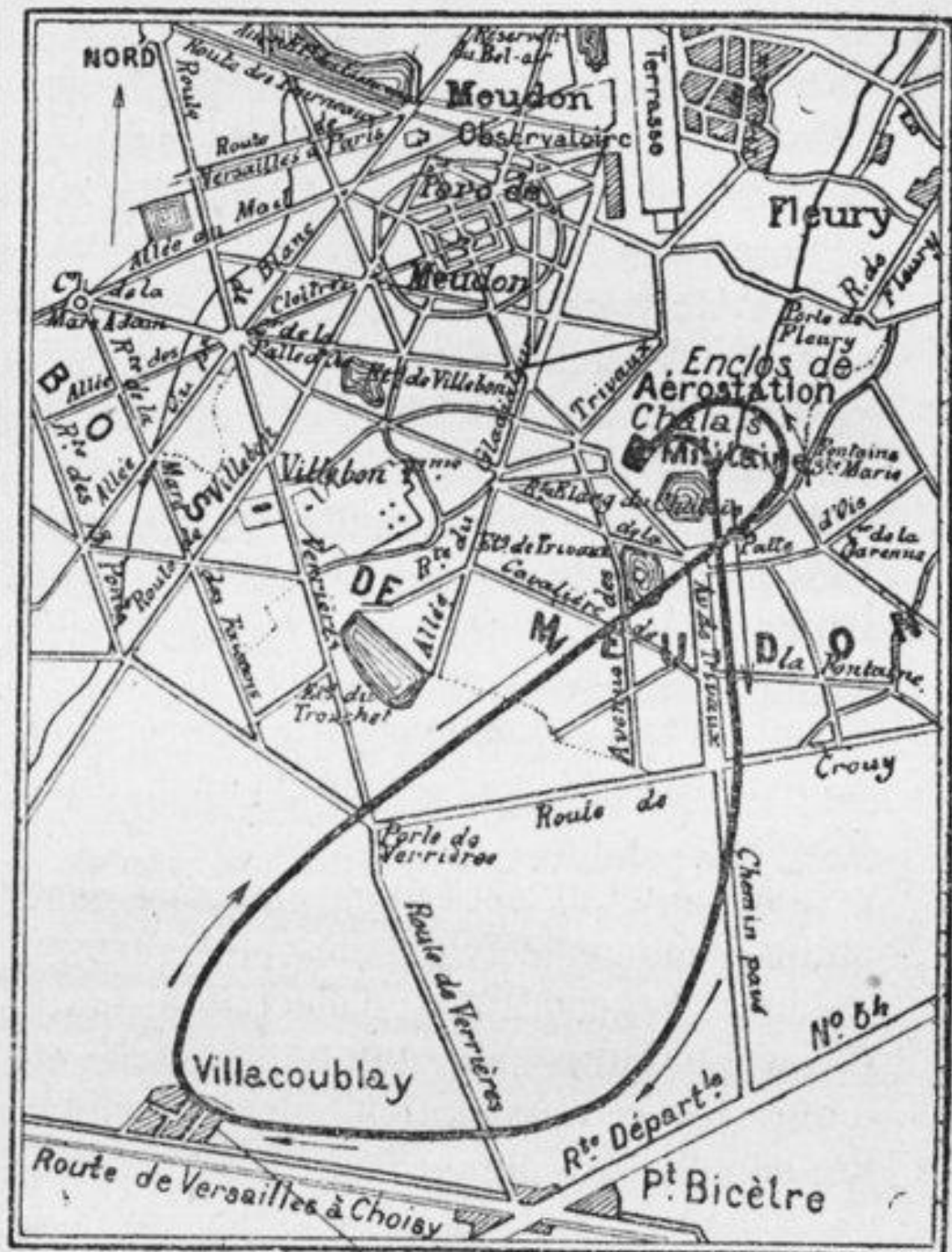


Fig. 401 bis.

dura que trente-trois minutes, parce qu'un brouillard assez intense obligea les expérimentateurs à ne pas perdre de vue le point de départ; les aéronautes se bornèrent à exécuter, autour de leurs ateliers, de nombreuses évolutions en tout sens (fig 401).

850. Nouvelles expériences. — M. Krebs, ayant été réintégré dans le corps des sapeurs-pompiers de Paris à la fin de 1884, M. le capitaine Ch. Renard s'adjoignit son frère Paul, également capitaine du génie. Il s'occupa sans relâche de modifier les parties de l'appareil qui en avaient besoin. Pour mesurer la vitesse de la marche, deux aéronautes étant insuffisants, on alléga l'appareil afin qu'il pût emporter une personne de plus. La machine motrice, ayant donné lieu à divers petits accidents, une nouvelle machine dynamo-électrique fut commandée à

plusieurs heures, développer facilement une force de neuf chevaux. Enfin, M. Ch. Renard modifia légèrement la composition du liquide des éléments de la pile, de manière à prolonger la durée de son action, sans augmenter son poids.

Ce nouveau mécanisme fut essayé, le 25 août 1885, par les deux frères Renard. L'ascension eut lieu vers quatre heures, par un vent assez violent auquel l'aérostat parvint à résister; diverses manœuvres de direction faites avec un plein succès, prouvèrent que ce mécanisme ne laissait rien à désirer.

Le 22 septembre, le ballon s'éleva de nouveau emportant M. Paul Renard, chargé de mesurer et de faire des observations diverses; M. Poitevin, aéronaute civil, et M. Charles Renard, qui s'était réservé la manœuvre du gouvernail et de la machine

motrice. L'aérostat s'avança jusque vers les fortifications de Paris dans le voisinage du Point-du-Jour, et revint avec la plus grande facilité à son point de départ. Il s'était élevé à 400 mètres d'altitude seulement et avait lutté contre le vent qui soufflait avec une vitesse de 3 mètres à 3^m,50 par minute.

Le lendemain s'effectua une nouvelle ascension en présence du ministre de la guerre et du président du comité des fortifications. L'itinéraire fut sensiblement le même que la veille. On renouvela les mesures de vitesses propres ; les résultats des deux journées furent trouvés concordants.

Le voyage dura vingt-sept minutes seulement, faute de lest. Evidemment, le temps était favorable, mais on ne peut nier que l'on a pu évoluer comme on a voulu dans toutes les directions, ce qui n'avait pu être obtenu jusqu'alors.

On annonce qu'un ballon plus volumineux est à l'étude.

851. *Projet de Maximilien Wolff* (1). — M. Maximilien Wolff de Berlin a essayé de construire un ballon de forme allongée (fig. 402) dont l'axe de l'hélice se trouve dans l'axe du ballon. Ce procédé a été reconnu de tout temps le plus avantageux, mais des difficultés techniques s'opposent à ce genre de construction et,

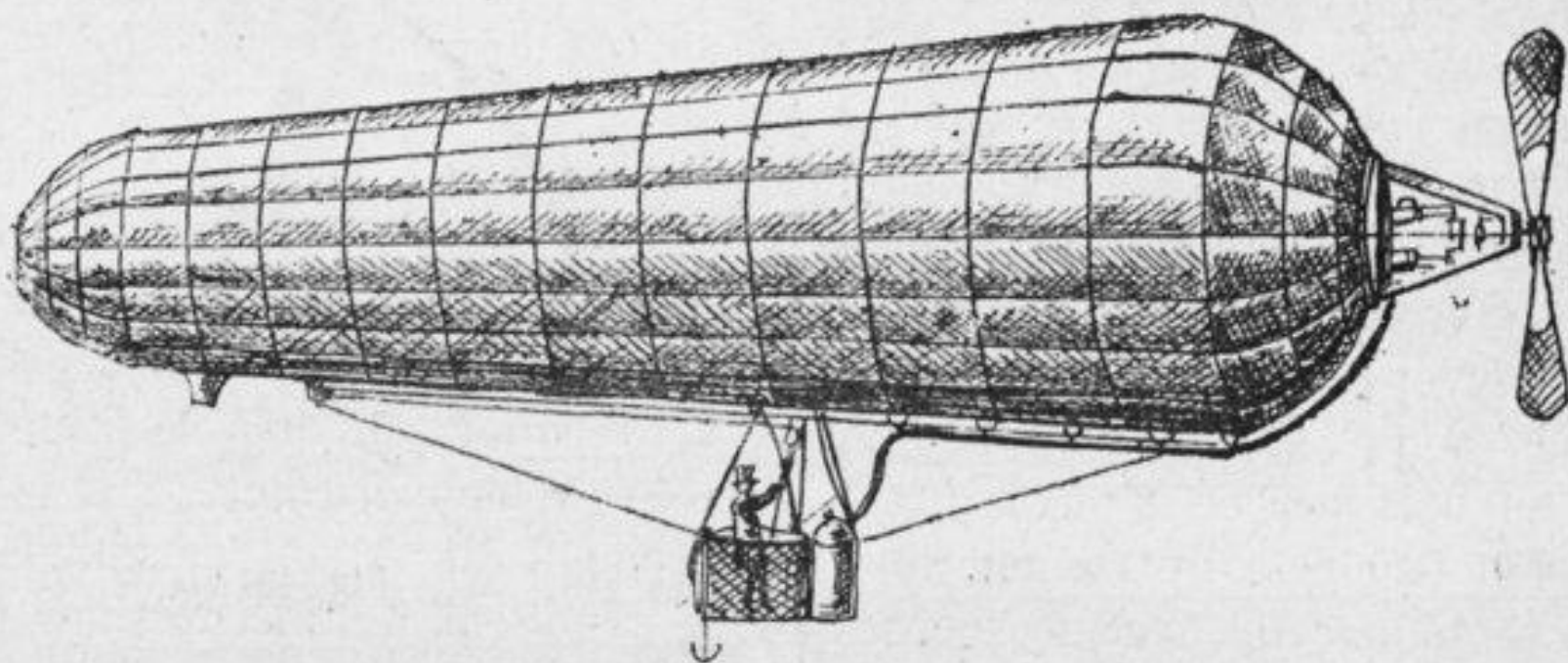


Fig. 402.

dans les expériences faites avec des ballons de ce genre, le moteur s'est toujours montré trop faible.

Ce ballon, de 30 mètres de long, cube 750 mètres ; son plus grand diamètre est de 8 mètres ; son plus petit de 4 ; le poids de l'appareil complet, y compris l'aéronaute, ne dépasse pas 500 kilogrammes. Il est gonflé au gaz d'éclairage, qui ne prend que 325^k du poids total, et ce poids pourrait être diminué encore, si l'on comprimait davantage le gaz.

M. Wolff a en outre remplacé le filet qui entoure le ballon et qui, en pénétrant dans l'enveloppe, produit une résistance de frottement, par une construction intérieure très ingénieuse. Mais celle-ci

n'est possible qu'à la condition que le ballon conserve un excès de pression intérieure dans sa forme. L'inventeur espère y arriver et a, en conséquence, adopté pour l'enveloppe une étoffe très résistante, revêtue en outre sur ses deux faces d'un vernis gommé d'une espèce particulière. Un ballonnet placé à l'arrière doit maintenir la pression constante. Une fenêtre placée à l'arrière permet de voir l'intérieur de la construction ; en outre, un trou d'homme fermé par un clapet permet d'y pénétrer facilement. Une machine à vapeur commu-

(1) *Die Luftschiffahrt*, par le lieutenant Mædebeck. Leipzig. Édouard Schloemp.

nique le mouvement à une hélice à quatre ailes de 4 mètres; la vapeur est envoyée de la nacelle par un tube dans les pistons de deux cylindres à vapeur fixés à l'avant du ballon. Le gouvernail est mis en mouvement au moyen d'une corde que l'on manœuvre de la nacelle. Celle-ci, construite en fer à T et en treillis de fil de fer, se trouve à 4 mètres au-dessus du ballon. Son mode de suspension repose aussi sur l'hypothèse que le ballon conservera sa forme par l'excès de pression intérieure.

Au disque vertical placé à l'avant du ballon, est adaptée à angle droit une planche légère de 2 mètres de long, qui aboutit à une courroie de cuir servant d'axe. Avec la pression intérieure admise, cette courroie doit être maintenue dans l'axe du ballon par les bandes de tension de la construction intérieure. Un grand nombre de bandes vont de la courroie à l'endroit où la nacelle doit être suspendue, à environ 10 mètres de la pointe. A cet endroit est placé, sous l'étoffe du ballon, une tringle en bois percée d'ouvertures diverses bien fermées, qui permettent la réunion de la nacelle avec les cordes de suspension. C'est à travers cette tringle que passent aussi les cordages servant à faire mouvoir le châssis et la soupape placée à l'avant; enfin, il existe encore dans cette plaque en bois des soupapes de sûreté, qui s'ouvrent automatiquement dans le cas où l'excès de pression intérieure est de plus de $\frac{1}{4}$. Il n'a pas été pris de mesures de sûreté pour l'atterrissage.

L'expérience faite à Berlin avec cet aérostat, le 14 juin 1885, a échoué complètement. La contenance de l'aérostat était trop faible pour enlever son propre poids. La machine fut endommagée et inutilisable après quelques tours d'hélice. Le public déconcerté manifesta son mécontentement de la manière la plus évidente.

852. *Ballon dirigeable Thayer.* — Nous

devons mentionner également le navire dirigeable inventé par le général Russell Thayer, de Philadelphie. Ce ballon est appelé, d'après son inventeur, à rendre les plus grands services en temps de guerre, non seulement comme moyen d'observation, mais encore comme engin de destruction. Il aura, en effet, une force ascensionnelle suffisante pour porter, outre un équipage de quelques hommes, une ou plusieurs bouches à feu, ou au moins un approvisionnement de projectiles chargés d'explosifs violents qu'il suffira de laisser tomber sur l'ennemi, troupes, forts, villes ou flottes, pour produire les plus grands effets, sans avoir soi-même rien à redouter des coups de l'adversaire.

Après des essais qui ont eu un plein succès, le *Comité d'Ordnance* des États-Unis a ordonné la construction d'un de ces vaisseaux aériens, qui sera certainement l'engin de destruction le plus formidable inventé par la science moderne, s'il répond aux prévisions.

Ce ballon (*fig. 403*) se compose de trois parties bien distinctes : 1° le ballon proprement dit; 2° une nacelle dans laquelle se trouvent les mécanismes propulseurs et directeurs de l'appareil; et 3° une plateforme inférieure en bois, portant la machine productive de la force. Des filets convenablement disposés relient le ballon à la nacelle, et celle-ci à la plateforme de la machine.

Le ballon, en forme de fuseau, aura 65 mètres de longueur et 15 mètres de diamètre au centre. Il est gonflé d'hydrogène et, pour maintenir la rigidité des formes, on a recours à un ballonnet intérieur (n° 840 et 847). Grâce à ce dispositif et à une réserve d'hydrogène à haute pression renfermée dans un vase très résistant, on peut, par le jeu combiné de soupapes, d'un système de conduite et d'une pompe foulante, monter ou descendre à volonté sans employer de lset. Pour monter, il suffit de laisser échapper de l'air du petit ballon et d'introduire de

l'hydrogène dans le grand ; pour descendre, on laisse sortir du grand ballon une certaine quantité de gaz que l'on refoule dans le réservoir, afin de ne pas le perdre inutilement, et l'on introduit de l'air dans le ballonnet. On voit qu'avec une faible réserve d'hydrogène, et pourvu que l'enveloppe soit bien imperméable, on peut monter et descendre aussi souvent que l'on voudra sans aucune perte de gaz. L'appareil qui sera soumis aux expériences aura une force ascensionnelle de sept tonnes. Il aura, d'après les prévisions une vitesse propre d'environ 50 kilomètres à l'heure.

Pour imprimer au vaisseau aérien une vitesse propre, variable au gré de l'aéronaute, l'inventeur s'appuie sur le principe

physique suivant : *dans un cylindre fermé à ses deux bouts, si l'on introduit un gaz ou une vapeur, la pression sera égale sur toute la surface et normale à la paroi en chaque point.*

Pour appliquer ce principe au mouvement de son ballon, M. Thayer dispose horizontalement, dans la nacelle, un réservoir cylindrique rempli d'air comprimé, dont le fond communique avec un long tuyau qui débouche dans l'atmosphère à l'arrière de la nacelle. Un robinet commande l'échappement de l'air par ce tuyau, et permet de faire varier à volonté la surface d'écoulement du fluide, et par suite la force propulsive de l'appareil, à la seule condition de renouveler sans cesse l'air consommé dans le réservoir. A cet effet,

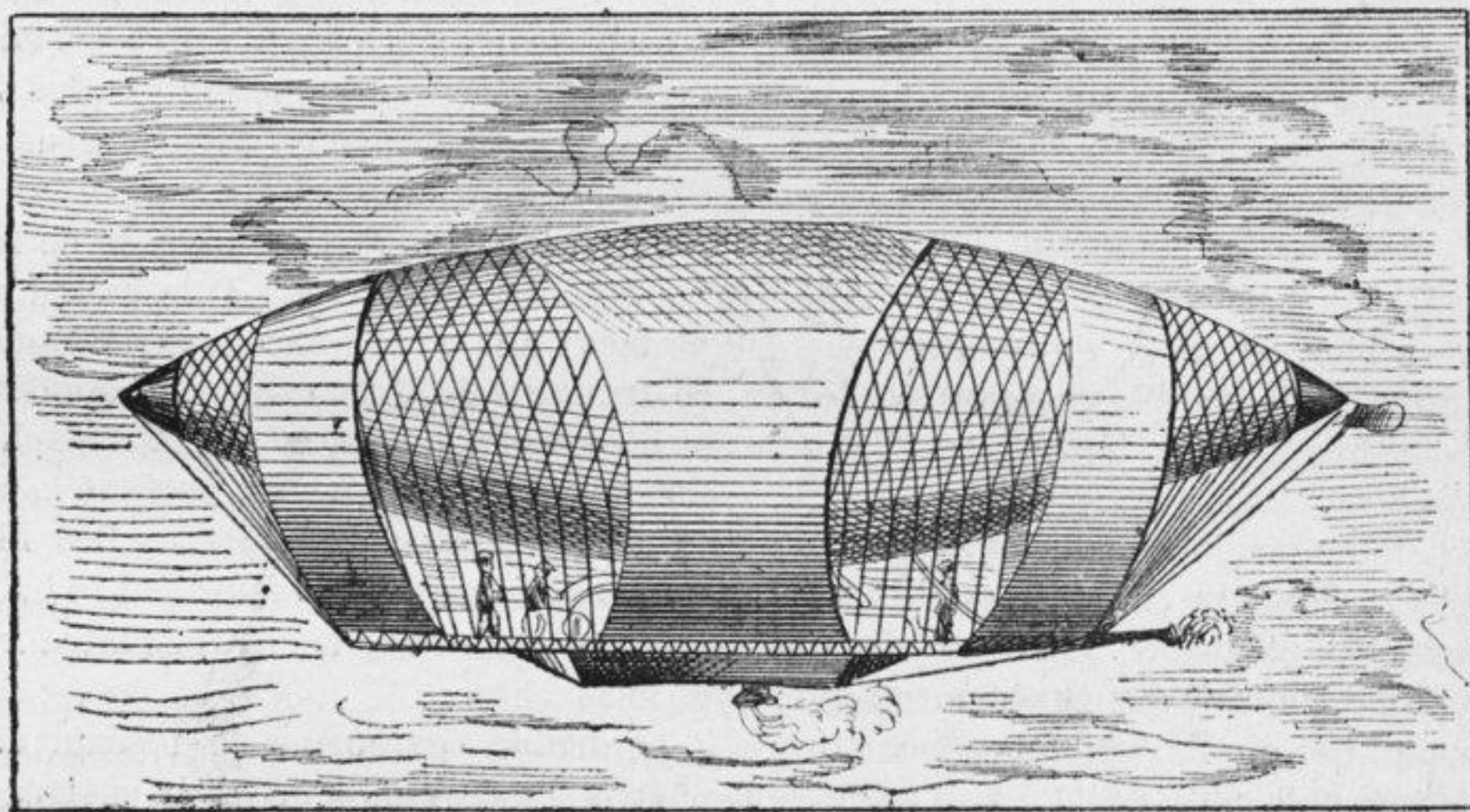


Fig. 403.

ce dernier communique par un tuyau avec un cylindre appelé compresseur, dans lequel une pompe, actionnée par une machine à vapeur ou à gaz, refoule constamment le fluide ; grâce à un dispositif automatique fort simple, l'air du compresseur va au réservoir par intermittences assez espacées pour que la pression puisse se rétablir entre chaque émission. On

pourrait, à la rigueur, faire communiquer directement le compresseur avec le tuyau d'échappement, mais il se produirait alors dans la marche du ballon des à-coups que l'on évite par l'emploi d'un réservoir : celui-ci fait office de régulateur.

La direction du ballons'obtient par deux dispositifs distincts, que l'on peut mettre en jeu simultanément ou séparément. Le

premier consiste en ce que l'extrémité du tuyau d'échappement de l'air est mobile autour d'un point universel, et peut occuper une position quelconque par rapport à la portion fixe de ce tuyau. Si l'on fait pivoter la partie mobile dans un plan horizontal, la réaction de l'air repousse la nacelle du côté opposé et tient l'appareil oblique dans la direction où l'on a porté l'extrémité du tuyau, en évoluant comme un bateau sous l'action de son gouvernail; on peut même, en élevant ou en abaissant le bout mobile, aider à l'ascension ou à la descente du bateau. Le second appareil de direction consiste en une voile placée à l'arrière, et tendue sur un cadre que l'on manœuvre au moyen d'une roue, de l'intérieur de la nacelle.

La machine qui actionne la pompe d'alimentation du compresseur est installée sur la plate-forme. Si c'est une machine à vapeur, la cheminée est renversée, de manière à renvoyer vers le bas la fumée et les parcelles de charbon incandescentes, en les chassant loin du ballon. Les approvisionnements d'eau et de charbon sont portés également par la plate-forme. Afin de prendre le moins de poids possible par la consommation de l'eau, on recueille la vapeur employée dans un condenseur, qui renvoie l'eau de condensation dans la chaudière. Mais on ne peut éviter de même la diminution de poids résultant de la consommation du charbon, ce qui oblige à de fréquentes manœuvres de l'appareil de gonflement, si l'on veut rester à la même altitude. Cet inconvénient, joint au danger qu'offre toujours le voisinage d'une machine à feu et d'un ballon gonflé d'hydrogène, fait que l'inventeur recommande de remplacer la machine à vapeur par une machine à gaz; le gaz nécessaire est emmagasiné avant le départ à très haute pression, dans un solide récipient qui prend sur la plate-forme la place des approvisionnements en eau et en charbon.

M. Thayer a fait breveter son système de propulseur non seulement pour les

ballons, mais encore pour les navires, et même pour les véhicules destinés à rouler, soit sur les routes ordinaires, soit sur les voies ferrées.

D'après ce qui précède, on peut voir que les ressources d'air comprimé emportées par l'aérostat constituent de véritables accumulateurs, mais il reste à savoir quelle est la puissance réelle qu'ils peuvent développer. Dans tous les cas, il convient d'attendre les résultats avant de se prononcer.

853. *Ballon Debayeux.* — Une autre tentative de navigation aérienne a été faite récemment par M. Debayeux, avec un ballon cylindrique terminé par deux parties hémisphériques et cubant 3,000 mètres. Un moulinet placé à l'avant faisait appel d'air et déterminait la marche du système, concurremment avec une machine motrice de cinq chevaux. On essaya d'abord d'expérimenter le système à l'état captif, mais on s'aperçut que l'aérostat manquait de stabilité et que la machine ne fonctionnait pas bien. Il fallut renoncer à ces essais qui ont coûté plus de 20,000 francs.

854. *Système à propulsion atmosphérique* — Nous ne faisons qu'indiquer ce système de direction des ballons, qui est le fruit d'études consciencieuses, mais simplement à titre d'indication, et pour ne rien omettre de ce qui concerne la question.

Pour arriver à obtenir la vitesse de 15 mètres à la seconde, dans les ballons dirigeables, à l'aide de laquelle on pourrait appliquer utilement ces derniers à l'art militaire, il faudrait ou diminuer les résistances à la marche dans de très grandes proportions, ou pouvoir construire des moteurs assez légers pour fournir le travail considérable que consomment les aérostats à hélice, sans exiger, pour équilibrer leur poids, de trop grands volumes de gaz. Cette dernière solution n'est plus possible, car, pour obtenir une vitesse aérienne, le volume du ballon deviendrait

gigantesque, à moins d'arriver à construire des moteurs beaucoup plus légers que ceux connus jusqu'à présent.

Il serait donc logique de chercher la solution du problème de la direction par la diminution des résistances. Le projet proposé par M. le docteur Fontaine a pour but d'indiquer un moyen d'arriver à ce résultat. Le mémoire qu'il publie a pour objet de décrire un nouveau type d'aérostat, mû par un nouveau propulseur atmosphérique, qui peut être placé dans l'intérieur du solide géométrique représenté par le ballon porteur et à *peu de distance* du centre commun des résistances de l'air. Ce système, d'après son auteur, supprimerait les résistances dues au filet, et la nacelle préviendrait la formation du couple perturbateur de stabilité verticale et permettrait d'obtenir de grandes vitesses avec des appareils de petits volumes, comparativement avec ceux que rend nécessaires l'emploi de l'hélice comme propulseur.

Cela, évidemment, demanderait à être établi sur preuves, car tous les calculs ou dessins techniques, si bien établis qu'on les suppose, ne valent pas la moindre preuve expérimentale, surtout en matière d'aérostation. Malheureusement les expériences coûtent cher, et le système du docteur Fontaine, si bien présenté qu'il soit, n'est qu'à l'état de projet. Quoi qu'il en soit, son mémoire, parfaitement étudié, mérite d'être consulté et sérieusement examiné par tous ceux que la question intéresse (1).

Conclusions

855. Jusqu'à présent, c'est en France qu'ont eu lieu les seules expériences sé-

(1) *Exposé d'un nouveau système d'aérostats dirigeables à propulsion atmosphérique*, par J. A. Fontaine, docteur en médecine. Paris, J. Michelet, 1886.

Le docteur Fontaine est d'ailleurs mort récemment, par suite d'un accident, dans une expérience qu'il faisait.

rieuses pour la direction, et celles de Meudon sont les plus récentes et les plus concluantes. Sans doute ces expériences, toujours entreprises par un temps calme, ont été favorisées par l'existence d'un hangar d'abri où le navire aérien attend tout gonflé le moment favorable, mais il faut bien convenir que le ballon de Meudon est arrivé à obtenir une vitesse propre plus forte que celle réalisée dans les expériences précédentes. Ainsi M. Giffard n'avait atteint que 4 mètres par seconde, M. Dupuy de Lôme 2^m,80, MM. Tissandier, 3 mètres, tandis que MM. Renard et Krebs ont pu réaliser une vitesse de 6^m,40 et ils arriveront sans doute à dépasser cette vitesse.

C'est là un pas très sérieux fait en avant, surtout quand on pense que la vitesse ne croît que comme la racine cubique de la force dépensée, c'est-à-dire que pour avoir une vitesse double, il faudrait employer une force motrice huit fois plus forte.

Il semble qu'il reste maintenant peu à faire pour résoudre définitivement la question : il faut trouver, pour lutter contre des vents très violents, des appareils très puissants et très légers, et des aérostats de dimensions suffisantes.

Grâce à la connaissance des chiffres qui, d'après les expériences, ont permis d'établir sur des bases sérieuses les formules fondamentales donnant la résistance des ballons essayés, on pourra établir un projet d'aérostat dirigeable avec autant de facilité qu'on fait maintenant un projet de navire. Un ballon plus volumineux serait à l'étude.

On a vu qu'avec un ballon de 1800 mètres cubes on a pu évoluer ; pour obtenir une vitesse plus grande, il suffit de faire un aérostat plus volumineux, et il n'y a pas d'autres limites dans ce sens que la dépense.

D'ailleurs, en se plaçant uniquement au point de vue militaire, on peut à la rigueur se borner à faire des reconnaissances les

jours où il sera possible de surmonter le vent avec l'aérostat dont on disposera. En donnant à celui-ci des dimensions suffisantes et en perfectionnant le propulseur, il paraît facile d'arriver à obtenir des conditions permettant de lutter contre les trois quarts des vents régnants, et alors on pourrait choisir son jour pour exécuter les opérations nécessaires. Les ballons géants construits par M. Giffard, (jusqu'à 23,000 mètres cubes) prouvent que la construction ne présenterait pas de difficultés insurmontables, mais, au point de vue de la difficulté et même des dangers de la manœuvre, il y aurait inconvénient à donner au ballon des dimensions trop considérables. D'abord, il serait presque impossible de gonfler rapidement un pareil ballon, et alors il faudrait un hangar énorme pour le remiser tout prêt à fonctionner ; de même on ne pourrait guère songer à faire suivre une armée par un de ces ballons gonflés. Ce ne serait donc que dans des cas particuliers qu'on pourrait les utiliser.

En outre, avant les expériences de Meudon, on n'avait pas la preuve pratique des conditions de stabilité et d'évolution, preuve qui est parfaitement faite maintenant, car on a pu : 1° imprimer à un aérostat de forme allongée une vitesse propre dans le sens de son grand axe ; 2° maintenir ce grand axe dans une direction déterminée et indépendante de celle du vent. Grâce à la forme particulière de l'aérostat et à la rigidité du gouvernail, on est même parvenu à éviter les mouvements giratoires que M. Tissandier n'a pas complètement maîtrisés dans son ascension de 1883.

Il n'y a certainement aucun intérêt à abandonner l'hélice, qui est le meilleur des propulseurs. La question des moteurs ne peut pas être résolue aussi nettement, bien que les moteurs électriques aient réalisé un grand progrès, mais il ne serait pas impossible de trouver un moteur qui, à puissance égale développée, soit plus

léger que les moteurs employés. Les moteurs électriques employés, à côté de l'avantage précieux de la constance du poids, de l'absence de feu et de la facilité de mise en marche et d'arrêt, présentent l'inconvénient d'exiger un matériel d'un poids encore assez considérable. On peut prendre des dispositions spéciales pour éviter le danger du feu dans les moteurs à vapeur, et pour réduire à son minimum la diminution de poids résultant de l'évaporation de l'eau et de la condensation de charbon.

M. Théophile Foucault, inventeur de gazogènes très simples et très légers (1), a proposé, pour la direction des aérostats, le système suivant, que nous reproduisons d'après le numéro 21 du *Bulletin mensuel de météorologie et d'aérostation*.

« M. Foucault, en groupant et coordonnant l'utilisation des divers systèmes connus, propose d'établir un aérostat formé de cinq compartiments indépendants et reliés par un ensemble de charpente légère, au milieu de laquelle ils peuvent flotter. Quatre de ces compartiments contiennent de l'hydrogène, pour tenir en suspension tout l'appareil et le cinquième de l'air seulement. La charpente supporte un grand plan équatorial et horizontal ; une crête dorsale fait l'office de quille et enfin la nacelle porte un appareil producteur d'hydrogène destiné à contre-balancer les pertes de gaz. Ce gazogène, au moyen duquel M. Foucault décompose l'eau pour en extraire le gaz, a déjà fait ses preuves dans d'autres applications. Le ballon étant gonflé et presque en équilibre, sans pour cela se soulever, on dirige de l'air chauffé par le foyer du gazogène dans le compartiment à air qui devient alors une véritable montgolfière et enlève l'aérostat, mais le grand plan horizontal dont il est muni à son équateur offrant une forte résistance, l'ascension se fait

(1) Voir pour la description le journal *Science et Nature* du 13 décembre 1881.

obliquement, d'autant plus que l'avant est relevé au moyen de dispositions spéciales. Arrivé à une certaine hauteur, on supprime l'introduction de l'air chaud, on ouvre une soupape d'échappement, et, par une manœuvre, on fait incliner l'avant vers la terre ; le ballon ainsi refroidi, devenant plus lourd, redescend ; le plan horizontal, le force à devier obliquement et, dans cette montée et cette descente, il y a un chemin parcouru.

« En réitérant cette manœuvre et faisant succéder les grandes ondes les unes aux autres, le ballon progresse dans la direction voulue et si une des voiles latérales a été développée, il aura dévié dans un sens ou dans un autre. L'auteur entre du reste dans les détails les plus complets ; il indique les formes, les matériaux, il prévoit tous les cas et décrit les manœuvres pour monter, descendre, virer et lutter contre le vent debout.

« En résumé, ce travail semble pouvoir rendre possible la solution de cet important problème, et ouvre une voie nouvelle aux recherches des spécialistes, sans exclure aucun des progrès acquis par ses devanciers. »

Il n'y a là qu'une théorie, séduisante d'ailleurs, mais qui mériterait d'être expérimentée.

D'après M. G. Tissandier, les moteurs à gaz, les moteurs à acide carbonique et à air comprimé pourraient être étudiés très avantageusement au point de vue de la navigation aérienne.

Le fait indiscutable, c'est que dès aujourd'hui on peut être certain d'aller à un point déterminé, lorsque le vent ne dépasse pas une certaine vitesse. S'appuyant sur les travaux de leurs devanciers, MM. Renard et Krebs ont le mérite d'avoir les premiers réussi avec un appareil per-

fectionné par eux, à faire revenir leur aérostat au point de départ, après avoir évolué dans l'air comme un navire dans l'eau.

Evidemment l'œuvre n'est pas parfaite ; il y a encore bien des progrès à réaliser, bien des difficultés à vaincre, bien des questions à étudier et à expérimenter. Mais on peut affirmer que le principal est fait et, d'après les résultats déjà obtenus, il ne semble pas téméraire d'avancer qu'on arrivera sans peine, à construire un aérostat dirigeable répondant pour le mieux à une moyenne de conditions à déterminer au point de vue militaire, le seul qui nous occupe ici.

Il convient d'ailleurs d'envisager froidement, en tenant compte uniquement de l'état actuel de la question, le rôle que les ballons dirigeables sont appelés à jouer dans les guerres futures. Nous ne croyons pas qu'il soit de longtemps possible d'admettre comme le fait M. Wilfrid de Fonvielle dans le *Spectateur Militaire*, que ces aérostats rendront les fortifications inutiles, parce qu'il suffirait de les amener au-dessus des points les plus vulnérables, sur lesquels ils laisseraient tomber impunément une vraie pluie de feu. Il pourrait en être de même dans le cours d'une bataille ou même auparavant, puisque l'on serait en mesure de détruire l'ennemi partout où on le découvrirait. Dans ces conditions, la guerre deviendrait impossible sur terre, et elle aurait lieu probablement dans les airs. La question n'est pas encore assez avancée pour que nous nous y arrêtions dès à présent.

Cependant l'avenir nous réserve probablement le succès le plus complet de l'emploi des ballons pour toute espèce d'usage, et dans ce cas, la science militaire ne sera pas la dernière à en profiter.

§ III. — DIRECTION DES BALLONS PAR LES COURANTS ATMOSPHÉRIQUES

856. Études des courants. — Les études des courants supérieurs peuvent être très utiles à la météorologie et à l'aérostatique. Ainsi les ouragans, les tempêtes et surtout les cyclones des mers de la Chine sont presque toujours annoncées plusieurs jours à l'avance par une baisse barométrique.

On a pu constater, en outre, dans les ascensions, que les vents supérieurs qui existaient à des altitudes au-dessus de 2,000 mètres étaient précisément ceux qui règnent à la surface du sol, vingt-quatre ou quarante-huit heures après. Il y aurait à rechercher les moyens pratiques d'étudier les courants supérieurs et inférieurs qui se produisent au même moment. On a voulu l'essayer au moyen de *ballons-pilotes*, mais jusqu'à présent des circonstances imprévues ont empêché de faire les expériences dans des conditions permettant d'obtenir des résultats généraux certains.

Nous devons cependant mentionner l'appareil imaginé par Sivel pour sonder en même temps les couches supérieures et les couches inférieures, appareil que cet aéronaute n'eut pas le temps d'expérimenter avant sa mort (n° 835).

Cet appareil (*fig. 404*) consistait en une perche horizontale de 10^m,50 de longueur, fixée au cercle et tenue en équilibre par le ballonnet supérieur rempli de gaz et dont le diamètre était de 6 mètres. Un ballon plus petit, de 2^m,50 de diamètre et rempli d'eau, eût permis de sonder les espaces inférieurs; il eût été muni d'une lanterne, afin qu'on pût suivre ses mouvements pendant la nuit. Ces deux ballonnets étaient attachés à une corde de 1,000 mètres de longueur, de sorte que

l'on pouvait, de la nacelle, faire monter le ballon supérieur à 1,000 mètres au-dessus de l'aérostât et faire descendre la sonde inférieure d'une même longueur.

L'appareil était tout préparé pour être expérimenté lors d'une ascension, mais un vent trop violent empêcha de le monter. Il est étonnant que des expériences à ce sujet n'aient pas été reprises, car les ballons pilotes seraient d'un grand secours pour utiliser les courants d'air et se maintenir dans celui qui conviendrait le mieux aux expériences à exécuter, puisqu'il deviendrait possible ainsi, sans perdre de lest ni de gaz, de connaître quels sont les courants qui circulent à diverses altitudes. Actuellement, on ne peut s'en rendre compte que par des changements de niveau alternatifs, qui ne tardent pas à épuiser la course d'un aérostât à travers l'espace et terminent ainsi promptement une ascension qui devait se prolonger davantage. Ces ballons sondes pourraient indiquer, non seulement la direction des courants aériens, mais encore leur température, au moyen d'appareils enregistreurs automatiques (1).

Dès l'origine des ballons, on a cherché à se servir des courants pour se diriger dans l'atmosphère, et à diverses reprises, nous avons indiqué les essais très sommaires et peu étudiés qui ont été faits dans cette voie. Nous n'y reviendrons donc pas et nous aborderons directement les recherches plus sérieuses faites récemment à ce sujet.

857. Expériences. — Deux aéronautes Français, MM. Tissandier et Duruof, ont fait, le 16 août 1868, un voyage très re-

(1) L'Aéronaute, avril 1877.

marquable au point de vue de l'étude des courants. Partis de Calais dans le ballon *le Neptune*, ils trouvent à une hauteur de 1,200 mètres un vent qui les porte à l'est

tence d'un courant inférieur opposé en voyant les nuages au-dessous d'eux se diriger en sens contraire. Après avoir parcouru 6 lieues en mer dans une heure, en restant dans le premier courant, ils descendent à 400 mètres de hauteur où le courant opposé les ramena vers la terre.

Voulant faire une nouvelle expérience de ces deux courants en sens inverse, les aéronautes jettent du lest et remontent à 1,800 mètres ; ils retrouvent le premier courant, qui les pousse une deuxième fois vers la mer, au-dessus de laquelle ils parcourent un espace de 7 lieues. Redescendus alors dans le courant inférieur, qui les dirige vers le continent, ils reviennent atterrir près du cap Gris-Nez.

D'autres aéronautes : MM. J. Duruof à Cherbourg, Jovis à Nice, à Bruxelles, à Odessa, ont également réussi à s'avancer en ballon au-dessus de la mer et à revenir à terre sous l'influence d'un courant aérien inverse.

C'est en partant de diverses données d'expériences de ce genre que les Anglais ont cherché à établir des règles et à trouver des conditions pratiques et précises pour faire arriver à destination un ballon, en se servant convenablement des courants qui, à des hauteurs différentes, se dirigent en sens contraire.

Le capitaine *Templer*, du corps des aéronautes anglais, a fait à ce sujet quelques expériences couronnées de succès. Dans un premier essai, exécuté en avril 1879, deux ballons gonflés au gaz d'éclairage furent lâchés en

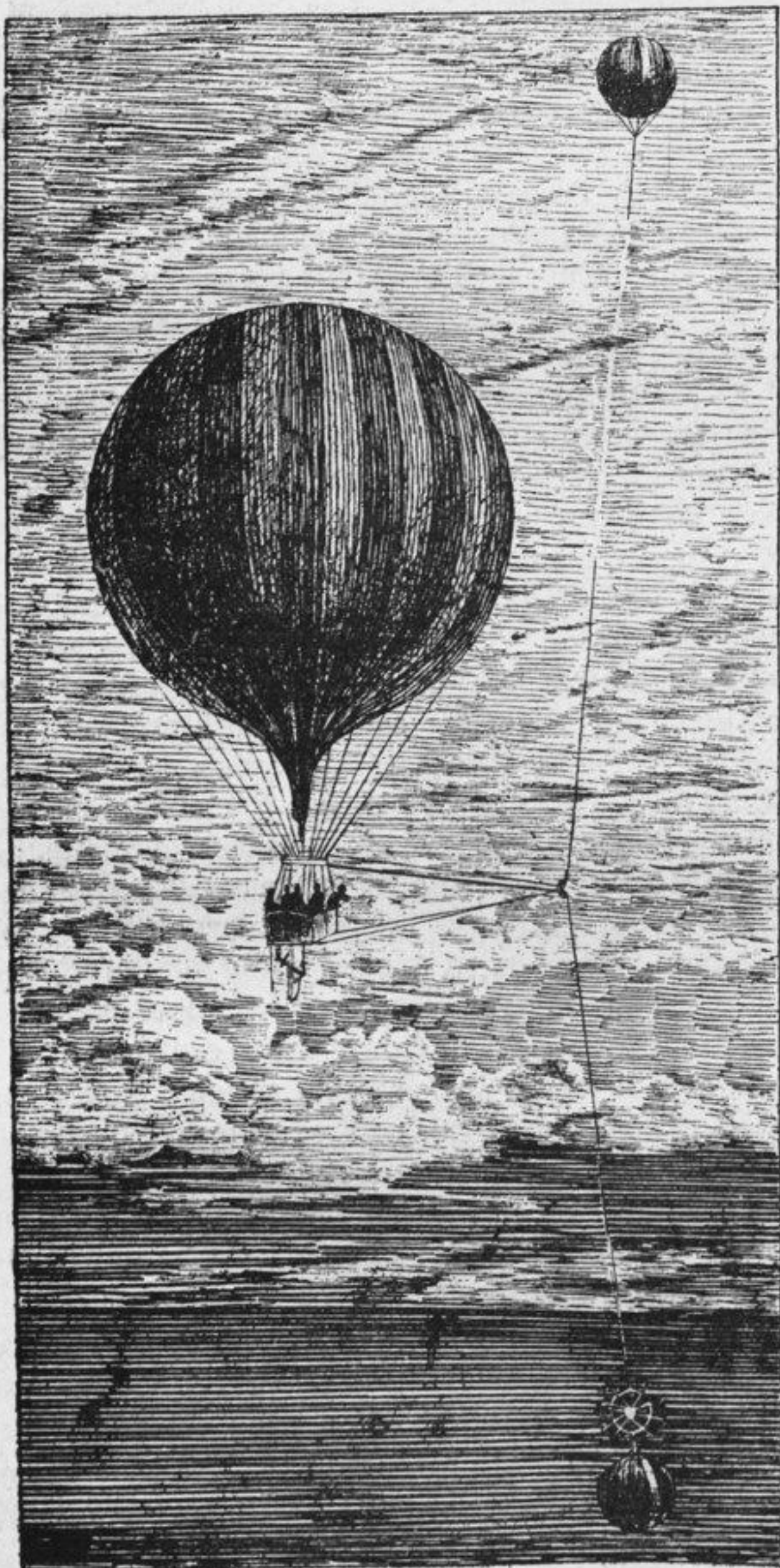


Fig. 404.

de l'Angleterre, dans la mer du Nord, mais ils constatent en même temps l'exis-

même temps. Les deux aéronautes voyagèrent de concert et échangèrent des

signaux pendant quelque temps, ce qui établit la possibilité de marcher dans des directions différentes, en s'élevant ou en s'abaissant dans des courants d'air différents. Non seulement le capitaine Templer remarqua qu'il existe, sur la verticale du même lieu, au moins deux courants agissant dans des conditions différentes, mais il chercha par des observations rigoureuses et au moyen de ballons-pilotes, à déterminer la direction suivie par ces courants ; d'après lui, à une hauteur de 4,000 mètres, le courant d'air serait trois fois plus fort qu'à la surface de la terre. En réalité, le parti que l'on peut tirer de cette manière d'opérer est assez limité. Ainsi, par exemple, en utilisant d'une manière convenable deux courants qui portent l'un au sud-est et l'autre à l'ouest, on peut bien arriver en un point situé à l'ouest, mais on ne saurait évidemment aller ni à l'est ni au nord-ouest.

Au sujet des recherches faites pour arriver à déterminer la direction que suivra le ballon à différentes hauteurs et, par suite, la résistance à vaincre, nous allons extraire quelques indications d'un rapport présenté par le colonel Kostentz, du génie autrichien, sur *l'étude des courants*.

A défaut de données officielles, permettant de fixer des principes, le rapport a analysé les ouvrages les plus remarquables publiés sur la question.

858. Indications générales. — D'abord, *The Winds of the Globe* (les vents à la surface du globe), publié par l'institution *Smithsonian* de Washington, contient comme partie principale une espèce de statistique des vents du globe. On peut en déduire en résumé que les vents, si réguliers près de l'équateur, sont d'autant plus irréguliers dans leurs parcours qu'ils pénètrent plus avant dans le continent et qu'ils y sont plus soumis aux influences brutes, telles que montagnes, mers, etc. Surtout, dans les régions les plus basses,

la déviation de la direction générale est toujours importante, à tel point même qu'il n'est presque plus possible de trouver la trace de cette dernière, ou, en d'autres termes, les courants qui règnent dans les régions élevées diffèrent complètement de ceux qui règnent dans les régions inférieures. Les contrées montagneuses contribuent de plus à ces à-coups, et c'est en vain que l'on a essayé de trouver des lois en pareil cas.

Mais les conditions sont beaucoup plus favorables sur les côtes de la mer, aux environs des grands lacs ou des plaines étendues. On peut alors déduire certaines règles, bien qu'il se produise également des à-coups imprévus, ainsi qu'il a été constaté souvent sur les côtes méridionales de la France où plusieurs aéronautes ont eu à souffrir de ces revirements subits.

De nombreuses ascensions ont prouvé en outre que les courants qui règnent à la surface du globe ne peuvent jamais servir de règle absolue pour déterminer ceux qui circulent dans les régions élevées ; c'est pourquoi l'on cherche à se diriger, en pareil cas, au moyen de ballons-pilotes.

Ce sont évidemment ces causes qui expliquent l'absence d'expériences faites pour découvrir les lois au moyen desquelles on arriverait à déterminer pratiquement la marche ou la direction des courants, et qu'on n'a pas fait une série d'observations permettant d'établir la courbe moyenne des vents aux diverses hauteurs. D'ailleurs, une carte des vents établie dans ces conditions ne pourrait inspirer aucune confiance pour les ascensions aéronautiques, car elle ne saurait avoir aucune valeur pratique. La région du littoral peut faire exception à ce point de vue, mais les cartes marines donnent les renseignements nécessaires et elles peuvent rendre de précieux services dans le cas qui nous occupe.

Dans les régions supérieures, c'est-à-dire dans les régions qui sont soustraites aux

déviations causées par les influences terrestres et qui ne sont plus soumises qu'aux influences générales de l'atmosphère, il est également possible d'étudier les courants avec une certaine précision. L'influence de l'atmosphère décroît au fur et à mesure qu'augmente son épaisseur, ainsi qu'on peut le constater à l'aide du baromètre, du thermomètre, de l'aiguille aimantée, etc. Ce sont par conséquent ces régions supérieures qu'il faut choisir comme champ d'étude et d'expérience, mais les calculs des courants faits d'une manière spéciale n'ont d'application que pour ces régions.

Le directeur de l'institut météorologique de Londres, M. *Robert H. Scott*, a publié, en 1879, sous le nom de *Weather Charts et Storm Warnings* (cartes des vents et indicateurs des tempêtes) un ouvrage fort intéressant sur la prévision du temps. On y trouve, entre autres, exposée une loi sur la direction des courants par rapport aux autres indications de l'atmosphère ; on en déduit une relation des courants avec les indications barométriques au même moment, d'où il résulte que la vitesse des vents augmente dans la proportion que décroissent les isobares.

On sait qu'il arrive tous les jours des rapports sur l'état barométrique général

à la station centrale météorologique, qui publie chaque jour des cartes climatériques, sur lesquelles sont dessinées les courbes isobares.

Les variations de ces dernières permettent de se rendre compte de la direction des courants.

859. Conclusion — On voit qu'en somme les recherches dans cette voie sont loin d'avoir abouti à des résultats bien positifs. En supposant même qu'on arrive à connaître assez exactement les lois des courants pour pouvoir combiner ces derniers de manière à diriger le ballon au point voulu, il ne pourrait nullement être question de faire des reconnaissances ou des levés photographiques à des hauteurs élevées, sans compter que l'on ne peut songer à gagner des régions trop élevées, ainsi que l'a prouvé l'accident qui a coûté la vie à *Sivel* et à *Crocé-Spinelli*.

D'ailleurs, l'utilisation des courants aériens ne peut être mise à profit que dans des cas particuliers, car elle dépend des conditions atmosphériques ; elle ne permet en outre la direction que dans deux sens déterminés, qui peuvent n'être pas ceux dont on a besoin, tandis que la véritable navigation aérienne exige que l'on puisse se diriger à volonté dans tous les sens.

CHAPITRE V

HISTORIQUE DE L'AÉROSTATION MILITAIRE.

860. Nous avons vu incidemment (n° 840) que ce fut le général *Meusnier* qui le premier eut l'idée d'employer les ballons à la guerre, et, que dans ce but, il soumit à l'Académie des sciences un mémoire sur l'emploi de ces engins à la guerre. Mais ces propositions n'eurent aucun succès.

En 1793, le général *Chancel* assiégé dans la place de Condé essaya pour la première fois d'employer un ballon pour rendre compte de la situation critique où il se trouvait. Malheureusement, le ballon perdit son gaz rapidement et alla tomber dans le camp ennemi, où l'on connut ainsi l'état de la forteresse. C'était là un début peu encourageant.

861. Le chimiste *Guyton de Morveau* (n° 839), familier avec les questions d'aérostation, comprit que, dans l'état de la question, il ne fallait pas songer à se servir des *ballons libres* pour les opérations militaires,

Il proposa à la Commission, que le comité de salut public avait instituée pour appliquer aux intérêts de l'État les découvertes de la science, d'employer des *aérostats captifs*, comme moyen d'observations militaires. Cette proposition fut acceptée par le comité, sous la condition de ne pas employer d'acide sulfurique pour la production du gaz, en raison de l'extrême rareté du soufre, dont on faisait alors une grande consommation pour la fabrication de la poudre.

Guyton de Morveau s'adjoignit alors le chimiste et physicien *Coutelle*, qui réussit à produire de l'hydrogène en grand, comme Lavoisier venait tout récemment

de le produire en petit, en faisant réagir de la vapeur d'eau sur de la tournure de fer portée au rouge. *Coutelle* fut alors nommé directeur des expériences aérostatiques établies dans le jardin du petit château de Meudon, avec mission de continuer et d'étendre les expériences. Il s'adjoignit à son tour le physicien *Jacques Conté*, homme d'une prodigieuse activité et d'une merveilleuse habileté, mais surtout remarquable organisateur.

862. Aérostation militaire. Après avoir étudié de concert les conditions les plus pratiques au point de vue de la guerre, tant pour rendre l'étoffe imperméable que pour fabriquer le gaz hydrogène au moyen d'appareils transportables, ils arrivèrent, après un certain nombre d'expériences, à régler définitivement les conditions pratiques des manœuvres, des moyens d'observation et de transmission des avis, et à résoudre une foule de questions de détail que l'expérience autant que la théorie devait indiquer. Le 2 avril 1794 fut alors créée une compagnie d'*aérostiers militaires* dont *Coutelle* fut nommé capitaine, avec *Lhomond* pour lieutenant.

Un mois après, la compagnie était à Maubeuge où l'armée française était sur le point d'être investie par les Autrichiens. Une fois le siège commencé, le ballon captif l'*Entreprenant* (fig. 405) fit tous les jours des ascensions pour reconnaître les dispositions de l'ennemi. Ce ballon que les aérostiers manœuvraient à l'aide de deux câbles avait environ 10 mètres de diamètre, et pouvait s'élever jusqu'à 500 mètres. Les signaux consistaient en drapeaux de diffé-

rentes couleurs, manœuvrés suivant certaines conventions. Le résultat des observations était transmis à terre au moyen de petits sacs de sable, surmontés d'une banderole à laquelle une note était attachée. Les assiégeants essayèrent en vain à plusieurs reprises de détruire le ballon au moment où il s'élevait.

Les services rendus à Maubeuge par cet aérostat engagèrent le général Jourdan à l'utiliser pour l'investissement de Charleroi. Comme on ne disposait que de celui qui était à Maubeuge, Coutelle, pour éviter des pertes de temps, fit voyager ce ballon tout gonflé, au prix de grandes fatigues, pendant les 12 lieues qui séparent les deux

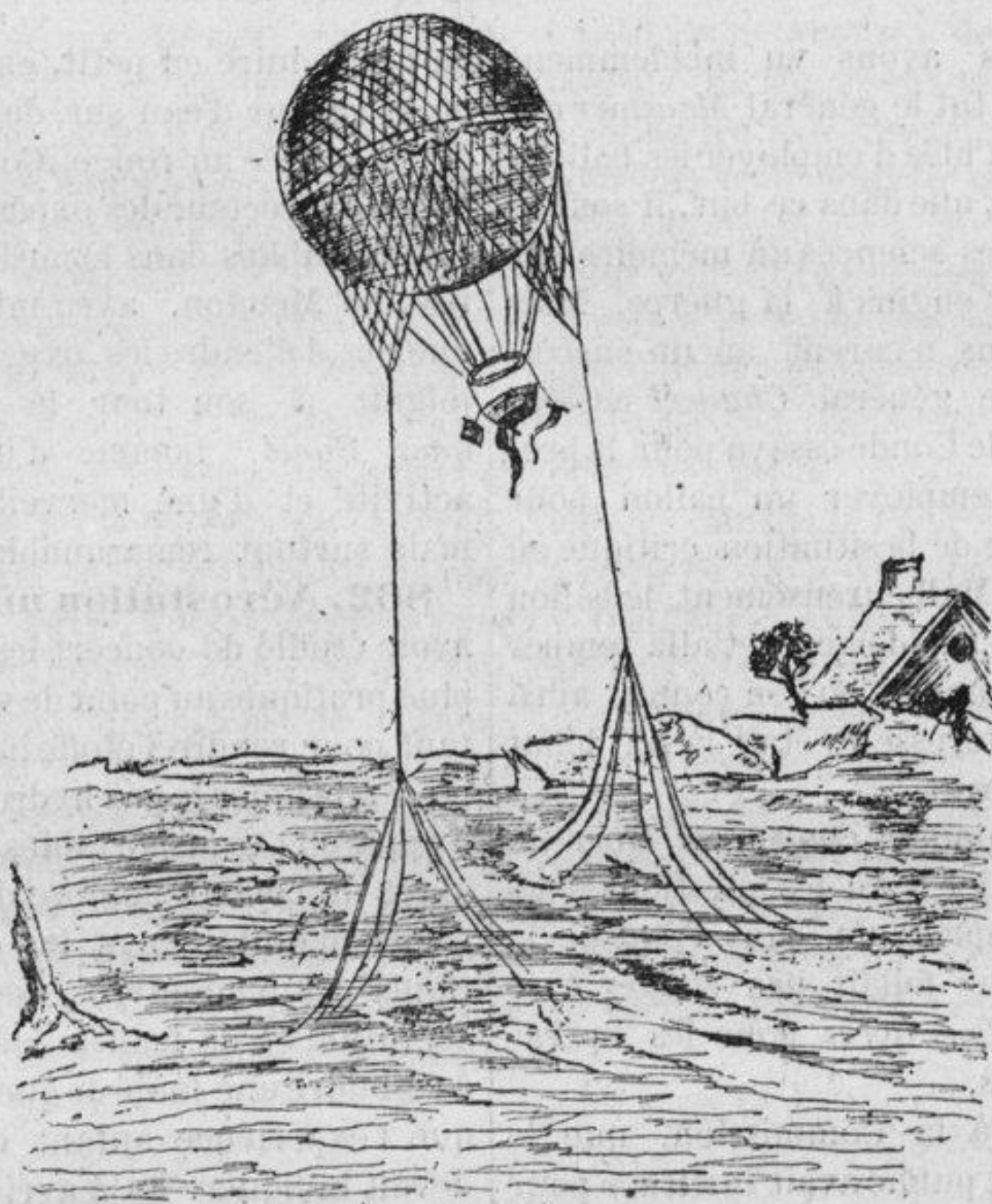


Fig. 405.

ville. Dès son arrivée, le 23 juin, il fit une reconnaissance, et le lendemain Coutelle demeura en observation huit heures de suite avec le général Morlot, qui put se rendre un compte très exact de la situation de la place. Celle-ci capitula le jour suivant.

A la bataille de Fleurus, les aéroliers suivirent l'armée française dans son mouvement en avant et continuèrent presque chaque jour leurs reconnaissances aé-

riennes. Ils arrivèrent ainsi à Aix-la-Chapelle après avoir subi deux accidents sérieux, qui furent réparés assez difficilement. C'est pourquoi Coutelle créa à Borcette un nouvel établissement pour remettre son matériel en état. Il ne tarda pas alors à être rappelé à Paris où, sous le titre de chef de bataillon commandant le corps des aéroliers, il fut chargé de procéder à l'organisation définitive de deux compagnies, le 23 juin 1794. Chaque compa-

gnie devait comprendre quatre officiers, trois sous-officiers, trois caporaux, quarante-quatre aérostiers et un tambour.

863. Première compagnie. — La première compagnie conserva sa position à l'armée de Sambre-et-Meuse, sous le commandement de Lhomond. Elle fit plusieurs reconnaissances à Worms, à Mannheim, à Ehrenbratstein, à Aix-la-Chapelle. Mais pendant la bataille de Wurzburg, l'aérostat, resté longtemps en observation, fut si fort endommagé que la compagnie dut se retirer dans la place avec son matériel, et qu'elle tomba au pouvoir de l'ennemi lors de la prise de Wurzburg. Après quelques mois de captivité la compagnie vint se réorganiser à l'*Ecole aérostatique de Meudon*, qui avait été créée le 31 octobre 1794, avait pour objet l'étude des questions relatives à l'aérostation militaire et devait former pour cette spécialité des officiers compétents. Cette compagnie fut dirigée peu après sur l'Egypte où elle débarqua heureusement. Mais il n'en fut pas de même de son matériel, qui fut pris et coulé à Aboukir avec le bâtiment qui le portait. Privée de ses moyens d'action et ne pouvant les reconstituer dans ce pays, la compagnie d'aérostiers fut répartie provisoirement dans divers régiments. L'aérostation militaire ne joua donc aucun rôle en Egypte. Tout se borna à lancer quelques montgolfières dans les jours de réjouissances publiques.

864. Deuxième compagnie. — La seconde compagnie fut dirigée vers l'Allemagne, sous la conduite du commandant Coutelle et du capitaine *Delaunay*. L'aérostat devait servir à éclairer le siège de Mayence qui durait déjà depuis onze mois. Aussitôt arrivé, (octobre 1795), les ascensions commencèrent et se continuèrent chaque jour, non sans danger. Au bout de quelque temps, l'aérostat, sans abri et fatigué par les intempéries, avait grand besoin de sérieuses réparations.

On retrouve cette compagnie l'année suivante en Allemagne où elle suivit l'ar-

mée de Moreau. Son aérostat fit entre autres à Donauwerth une ascension, pour reconnaître les principales forces de l'ennemi qui garnissaient la rive opposée du Danube. Bref, après quelques autres reconnaissances, elle rentra en France avec l'armée de Moreau forcée de repasser le Rhin (octobre 1796). Son ballon était resté gonflé pendant trois mois, faute de moyens pour renouveler le gaz.

Le rôle de cette compagnie était terminé. On la laissa trois ans sans employer sa spécialité, bien qu'elle fut en mesure de rendre d'excellents services, car elle était composée d'hommes aguerris et expérimentés, sous les ordres d'officiers braves et intelligents. On savait si peu apprécier leur utilité, que Hoche alla même presque à demander le licenciement du corps, qui ne fut pas accordé. Néanmoins, malgré les réclamations de Delaunay, cette compagnie ne sortit plus de son inaction.

A son retour en France (1799), Bonaparte, qui n'aimait pas cette institution due à la République, licencia les deux compagnies d'aérostiers, fit fermer l'école aérostatique de Meudon et vendre tout son matériel. Il n'admettait pas que l'on eût besoin, pour vaincre, d'engins qu'il n'avait pas employés; il avait d'ailleurs toujours eu de la répugnance pour les ballons: d'abord parce qu'ils étaient encombrants et difficiles à transporter, mais surtout parce qu'ils avaient été employés à l'armée du Rhin qui était rivale de l'armée d'Italie. On voit que Napoléon fit tout son possible non seulement pour tuer l'œuvre, mais encore pour l'empêcher de renaitre.

« Et cependant, dit M. le colonel du génie Delambre, quoique abandonnée, l'aérostation militaire n'a jamais été oubliée, et son utilité n'a jamais cessé d'être affirmée en toute circonstance; bien plus son emploi a été assez fréquent; mais privé de traditions, privé d'études sérieuses, d'hommes spéciaux, l'art aérostatique ne pouvait faire de progrès

réels, et l'on ne voit se produire que des tentatives isolées, sans suite, nées du hasard des événements et du caprice d'un homme.»

865. Il est surtout étonnant que les puissances étrangères n'aient pas cherché alors à imiter l'exemple donné par les Français. On ne saurait pourtant admettre comme raison préemptoire à ce sujet la réponse que firent à Coutelle les officiers autrichiens devant Mayence : « Il n'y a que les Français capables d'imaginer et d'exécuter une telle entreprise. » On prétend cependant que, en 1812, les Russes avaient fait construire à Moscou un ballon monstre, destiné non seulement à observer les mouvements de l'ennemi, mais encore à lancer sur lui des projectiles incendiaires ; mais ce ballon, ayant été détruit dans l'incendie de Moscou, on ignore en quoi il consistait.

Sans parler de projets plus ou moins pratiques, et pour rester dans le domaine des faits, on peut citer l'emploi des aérostats dans les armées françaises, en 1815 au siège d'Anvers par *Carnot*, et en 1859 la veille de la bataille de Solferino, mais sans présenter aucune particularité.

En 1848, les Autrichiens utilisèrent à Milan des ballons comme télégraphes aériens. Au siège de Venise, en 1849, ils essayèrent sans succès de faire tomber sur la ville des bombes lancées par de petits ballons de papier. Les frères Montgolfier auraient, paraît-il, songé à ce mode d'emploi des ballons, mais on n'a pas encore trouvé le moyen de résoudre le problème pratiquement.

Mentionnons encore en passant quelques expériences faites dans ce sens. En 1854, à Vincennes, on essaya de faire tomber d'un ballon captif des projectiles sur un emplacement déterminé, mais les expériences furent si mal conduites qu'on n'en put tirer aucune conclusion.

En 1859, l'aéronaute Godard avait proposé de jeter sur Peschiera, de la nacelle d'un ballon, des bombes suspendues deux

à deux, mais l'idée ne fut pas mise à exécution. Des projets du même genre ont été proposés en grand nombre, mais on n'en peut apprécier la valeur pratique, parce qu'ils n'ont pas été expérimentés.

866. Guerre de la Sécession. — Les Américains, gens pratiques et novateurs, ne manquèrent pas d'utiliser les ballons pendant la guerre de la Sécession. Le service aérostatique fut même organisé sur une assez grande échelle. On forma des compagnies composées chacune d'un capitaine et de 50 sous-officiers ou soldats. Leur matériel, comprenant deux enveloppes, les tubes et les appareils de production du gaz, était transporté en trois voitures, dans des conditions telles que, trois heures après en avoir reçu l'ordre, on avait un ballon gonflé et prêt à faire des observations.

Les nombreuses reconnaissances faites rendirent de réels services en 1861 sur le Potomac, en 1862 devant Richmond, et sur le Mississippi contre le fort n° 10, où le tir de l'artillerie fédérale fut rectifié par des observations aérostatiques. Ils eurent également l'idée, qui constitue un réel progrès, de relier la nacelle à la terre par un fil télégraphique et de faire servir la photographie instantanée à la reconnaissance du terrain en avant.

Ce fut surtout le général *Mac-Clellan* qui sut le mieux tirer parti des ballons, car les observations faites par sa compagnie d'aérostiers contribuèrent entre autres à faire lever le siège de Yorktown, et rendirent de grands services pendant le combat de Fair-Oaks. Mais après la retraite de ce général, l'aérostation cessa d'être suivie avec intelligence. Cependant les résultats obtenus eurent pour conséquence d'attirer de nouveau l'attention des puissances européennes sur la question.

En 1864, les Anglais firent des expériences au camp d'Aldershort et constatèrent que d'une hauteur de 400 mètres environ, un observateur peut facilement

suivre les mouvements des troupes placées à plusieurs kilomètres.

867. Autriche. — Le général de *Gablenz* demanda, en 1863, un aérostat pour l'utiliser pendant la campagne de Danemark, mais il fut impossible de satisfaire à sa demande, faute d'aéronautes en Autriche.

Un peu plus tard, le général *baron Ebner* dirigea quelques expériences, dans lesquelles il chercha à combiner l'emploi de la montgolfière et du télégraphe optique pour les reconnaissances avant le combat et la transmission des ordres à grande distance pendant le combat. Mais quoique encouragées spécialement par le Ministre de la Guerre, ces expériences ne paraissent pas avoir donné des résultats très positifs, et elles ont été abandonnées alors comme trop coûteuses et comme ne pou-

vant rendre à la guerre aucun service appréciable. Pourtant si *Benedeck* eût disposé à *Sadowa* d'un ballon pour faire des reconnaissances, il aurait évité la surprise de *Chlum*, qui fut la cause principale de son désastre.

868. Guerre du Paraguay. — Dans la guerre du Paraguay contre la triple alliance, sur les bords de la *Plata*, le général brésilien *Marquez Caxias* se procura, en 1867, deux ballons captifs, au moyen desquels il réussit à reconnaître le terrain marécageux et très accidenté occupé par l'ennemi. Grâce à ces renseignements, il fut tenu au courant des détails de la position, des fortifications et de l'armement de son adversaire, ce qui lui permit d'établir son plan de campagne en toute connaissance de cause.

869. Pendant la campagne de 1870. —

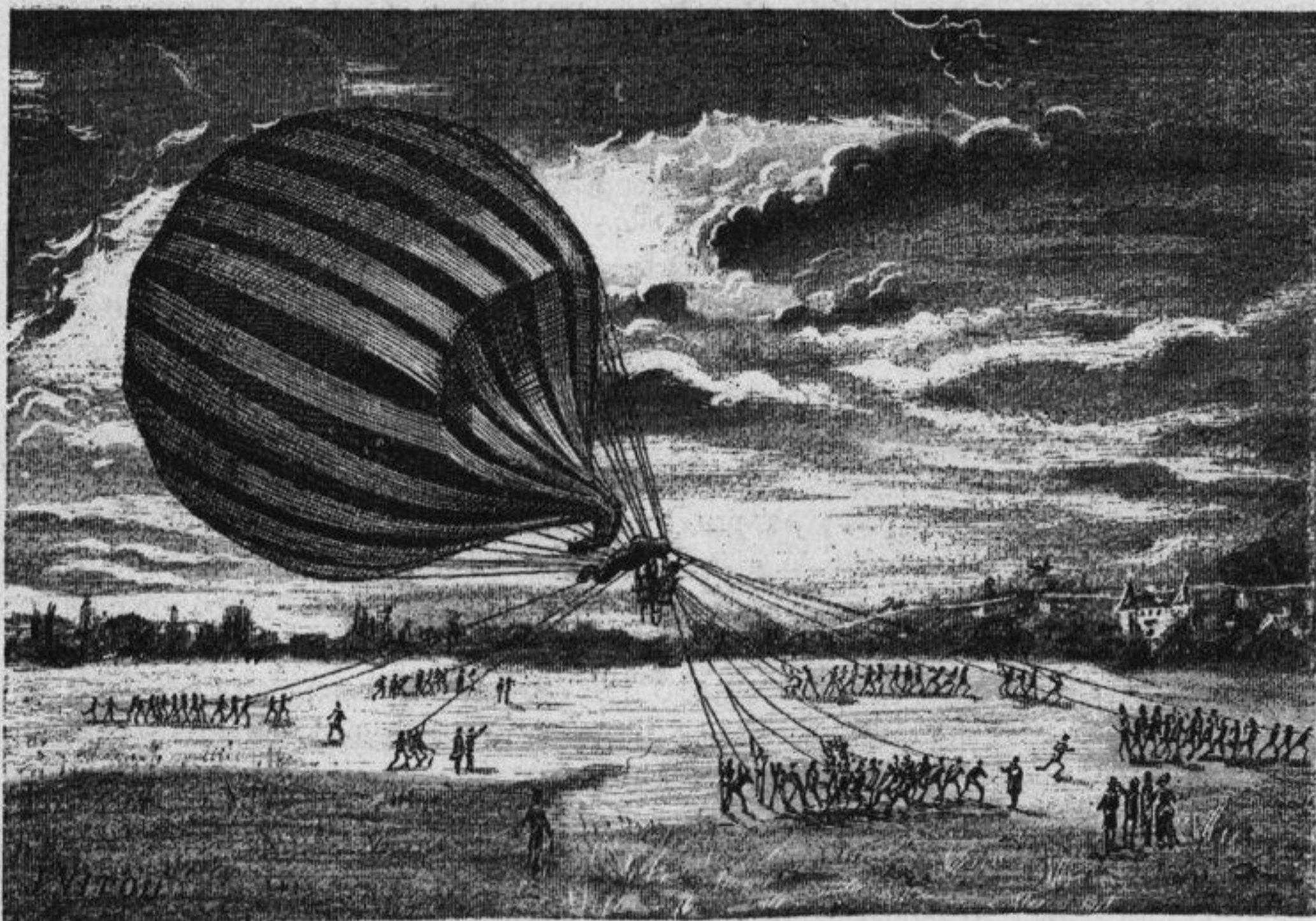


Fig. 406.

Dans cette guerre, il n'y eut pour ainsi dire pas d'application militaire de l'aérostation du côté des Français.

Dès le lendemain de *Coulmiers*, le général *Chanzy* chercha à organiser ce service avec le concours de MM. *Tissandier*,

qui avaient été mis à sa disposition. On fit quelques ascensions préparatoires avec des ballons captifs aux environs d'Orléans, et plus tard à l'armée de la Loire. Un aérostat gonflé à Orléans a pu rester gonflé, prêt à fonctionner, pendant un certain nombre de jours et être transporté à l'aide de cordes jusqu'au poste qu'il était appelé à occuper, ainsi que le représente la figure 406, qui a été dessinée d'après nature par M. Albert Tissandier, et que nous empruntons à la *Nature* du 28 février 1885. Mais on ne put trouver d'occasion favorable pour en tirer parti, parce que rien n'avait été préparé, ni personnel, ni matériel suffisant, et on ne tarda pas à se rendre compte qu'un semblable service ne s'improvise pas. On essaya bien, le 7 décembre 1870, de créer deux compagnies d'aérostiers, qui ne purent être d'aucune utilité.

Les Allemands firent eux-mêmes l'expérience de cette vérité. Ils formèrent, seulement au mois d'août 1870, deux détachements de 20 aérostiers chacun, choisis parmi des chimistes et des physiciens, auxquels on crut pouvoir donner en quelques jours l'instruction spéciale qui était indispensable. Envoyés devant Strasbourg, ces détachements ne purent faire que des tentatives de gonflement et d'ascension qui échouèrent complètement. A Versailles où ils furent expédiés après la capitulation de Strasbourg, on n'en put tirer parti pour diverses raisons, de sorte que ce service fut abandonné et les détachements reçurent une autre affectation.

870. A Metz. — L'armée française ne put trouver ni un aéroplane ni un ballon; elle fut réduite à lancer de petits *ballons perdus* ou *ballons-poste*, dont chacun, cubant un demi-mètre, contenait un paquet de dépêches et un mandat-poste que devait toucher celui qui, ayant trouvé les dépêches, les portait au bureau de poste français le plus voisin. Sur les quatorze ballonnets ainsi lancés du 5 au 15 septembre 1867, six seulement furent perdus,

dix-huit cents dépêches arrivèrent à destination par ce moyen.

Qui sait le parti qu'on aurait pu tirer des observations faites avec des ballons captifs, dans les batailles autour de Metz, dans les camps retranchés de Metz et de Paris? Renseignés exactement sur les forces et les positions de l'ennemi, nos généraux auraient pu prendre leurs dispositions en connaissance de cause, pour faire réussir leurs opérations ou échouer celles de l'ennemi.

871. Siège de Paris. — On sait toutefois que les ballons libres servirent utilement, pendant le siège de Paris, à mettre la capitale en communication avec le reste du pays. Le gouvernement chargea l'aéronaute *Godard*, secondé par les ingénieurs *Yon* et *Camille d'Artois*, de la fabrication et de l'expédition de ces ballons, dont le départ devait avoir lieu tous les deux jours. Du 23 septembre au 28 janvier, soixante-quatre ballons montés, cubant de 1.200 à 2.000 mètres, sortirent de Paris, emportant, outre les aéronautes, quatre-vingt-onze passagers (parmi lesquels *Gambetta*), des officiers, des ingénieurs chargés de missions spéciales en vue de diriger les efforts communs, trois cent soixante-huit pigeons-voyageurs et 9.000 kilogrammes de dépêches, représentant environ trois millions de lettres. Sur ces soixante-quatre ballons, deux périrent en mer, six atterrirent hors de France, neuf tombèrent au pouvoir de l'ennemi, douze autres furent pris, mais les aéronautes purent s'échapper avec leurs dépêches.

Les aérostats qui se trouvaient dans la capitale furent d'abord employés comme ballons captifs, pour participer aux reconnaissances. On a prétendu aussi que, sur le front sud, des ballons furent remorqués par une locomotive marchant lentement. Les fortes oscillations de la nacelle et les brouillards de la saison empêchèrent tout résultat utile. Dans le transport de la Villette à Saint-Denis un ballon gonflé fut mis en pièces par la tempête le 13 no-

vembre. Cependant, une reconnaissance effectuée dans de bonnes conditions permit de signaler que les Allemands fortifiaient Pierrefitte; cette nouvelle, transmise au fort la Briche, situé à 3.000 mètres, permit de prendre en temps utile des mesures pour empêcher le placement des tirailleurs.

Mais, on ne tarda pas à constater qu'en hiver, le froid, la neige et les brouillards empêchent en général les reconnaissances en ballons captifs.

Cependant si, grâce aux ballons, Paris parvint à donner de ses nouvelles, il ne put en recevoir que par les pigeons-voyageurs,

c'est-à-dire d'une manière incomplète et irrégulière. Le gouvernement de la défense nationale s'était bien rendu compte de l'importance qu'il y aurait d'assurer ce genre de service, et il avait conçu le projet d'envoyer des ballons sur divers points placés autour de Paris : Orléans, Chartres, Rouen, Amiens, et de tenter le retour dans la capitale, en profitant d'une direction convenable des courants atmosphériques. Mais l'entreprise ne put réussir, parce que rien n'avait été préparé en temps utile.

872. Tonkin. — On sait qu'une section d'aérostiers a été envoyée au Tonkin, avec



Fig. 407.

un parc de ballons captifs. On les a employés à diverses reprises pour faire des observations, en les faisant suivre l'armée tout gonflés. Un aérostat, retenu par 207 mètres de corde, servait à explorer le pays; le second contenait le gaz destiné à suppléer aux déperditions du premier. Le lest placé dans la nacelle était calculé de manière à leur ôter toute force ascensionnelle. Quelques soldats suffisaient à les

tirer sur la route. Nous reproduisons, (fig. 407), le fac-simile d'un dessin chinois sur l'emploi des ballons captifs de l'armée française.

Quoiqu'il en soit, le parti que l'on sut tirer, au siège de Paris, des ballons et des pigeons-voyageurs, fut le point de départ des études faites depuis sur ces questions, tant en France qu'à l'étranger, et qui ont abouti chez nous à des résultats remar-

quables. On s'est bien rendu compte qu'à l'avenir il y aurait lieu d'employer ces moyens de renseignements et de communications et que, avec la manière actuelle de faire la guerre, il ne faut rien laisser à improviser au moment d'une mobilisation.

Nous allons entrer dans quelques détails sur l'impulsion donnée aux études concernant l'aérostation militaire, en exposant séparément pour chaque puissance les résultats obtenus et l'état de la question.

CHAPITRE VI

ÉTAT DE LA QUESTION DANS LES DIVERSES ARMÉES

§ I. — FRANCE

873. Réorganisation. — Aussitôt après la guerre de 1870-71, le gouvernement français organisa de nouveau une école d'aérostation militaire au *Petit-Meudon* (Chalais-Meudon) comme sous la première République. Cette école a pour objet, non seulement de former le personnel nécessaire pour le service des ballons, mais encore de confectionner tout le matériel se rapportant à ce service, et d'étudier toutes les questions y ayant trait. L'entrée de l'établissement est rigoureusement interdite même aux Français, et l'on ne connaît ce qui s'y passe que par les communications que l'on veut bien faire.

Le colonel du génie *Laussedat* fut d'abord nommé chef de cet établissement. Ses études antérieures sur la question, non seulement théoriques mais pratiques, car il avait pris part à plusieurs ascensions en ballon libre et avait même eu une jambe cassée dans l'atterrissage de l'*Univers*; sa compétence reconnue le désignaient pour ce poste. On lui adjoignit les capitaines du génie *Delambre* et *Renard* (Charles), également aptes, intelligents et travailleurs.

Le capitaine *Delambre* a été depuis remplacé par le capitaine d'infanterie de

la Haye, remplacé à son tour par le capitaine *Krebs* des sapeurs-pompiers, auquel a enfin succédé le capitaine du génie, *Renard (Paul)* frères du commandant *Renard (Charles)* qui est chargé actuellement de la direction de l'établissement.

Le colonel *Laussedat* a fait, en 1877, une conférence où il a exposé l'état de la question à cette époque. Nous en extrayons les renseignements suivants :

Il était tout d'abord indiqué de reprendre les expériences sur les ballons captifs, que l'on avait abandonnées sans raison bien plausible. En outre, les ballons libres ayant rendu de précieux services pendant le siège de Paris, il y avait lieu d'étudier le meilleur moyen d'en tirer parti et subsidiairement de poursuivre les recherches sur la direction des ballons. Avant tout il était indispensable de compléter et de perfectionner les organes des aérostats, qui se trouvaient encore en 1870 dans un état assez primitif.

Les études faites à Meudon embrassent donc les ballons captifs, les ballons libres et les ballons dirigeables.

874. BALLONS CAPTIFS. — En ce qui concerne les ballons captifs, on a pris comme point de départ tous les dessins

convenir au ballon captif où, par suite de la réaction des cordes, il se produit un mouvement de tangage tellement violent qu'il serait à peu près impossible de faire des observations et que le séjour même de la nacelle serait des plus dangereux.

Le modèle de ballon captif auquel on s'est arrêté est de forme sphéroïdale ; il est disposé pour recevoir deux personnes et contient de 500 à 600 mètres cubes

d'hydrogène. Au lieu des nombreux cordages, à l'aide desquels des hommes maintenaient ou transportaient le ballon au prix de fatigues et de difficultés inouïes, on a adopté un câble unique, d'une longueur de 501 mètres, manœuvré à l'aide d'un cabestan muni d'un frein simple et solide. Une voiture-treuil (ce treuil actionné par une petite machine à vapeur) permet de transporter les ballons

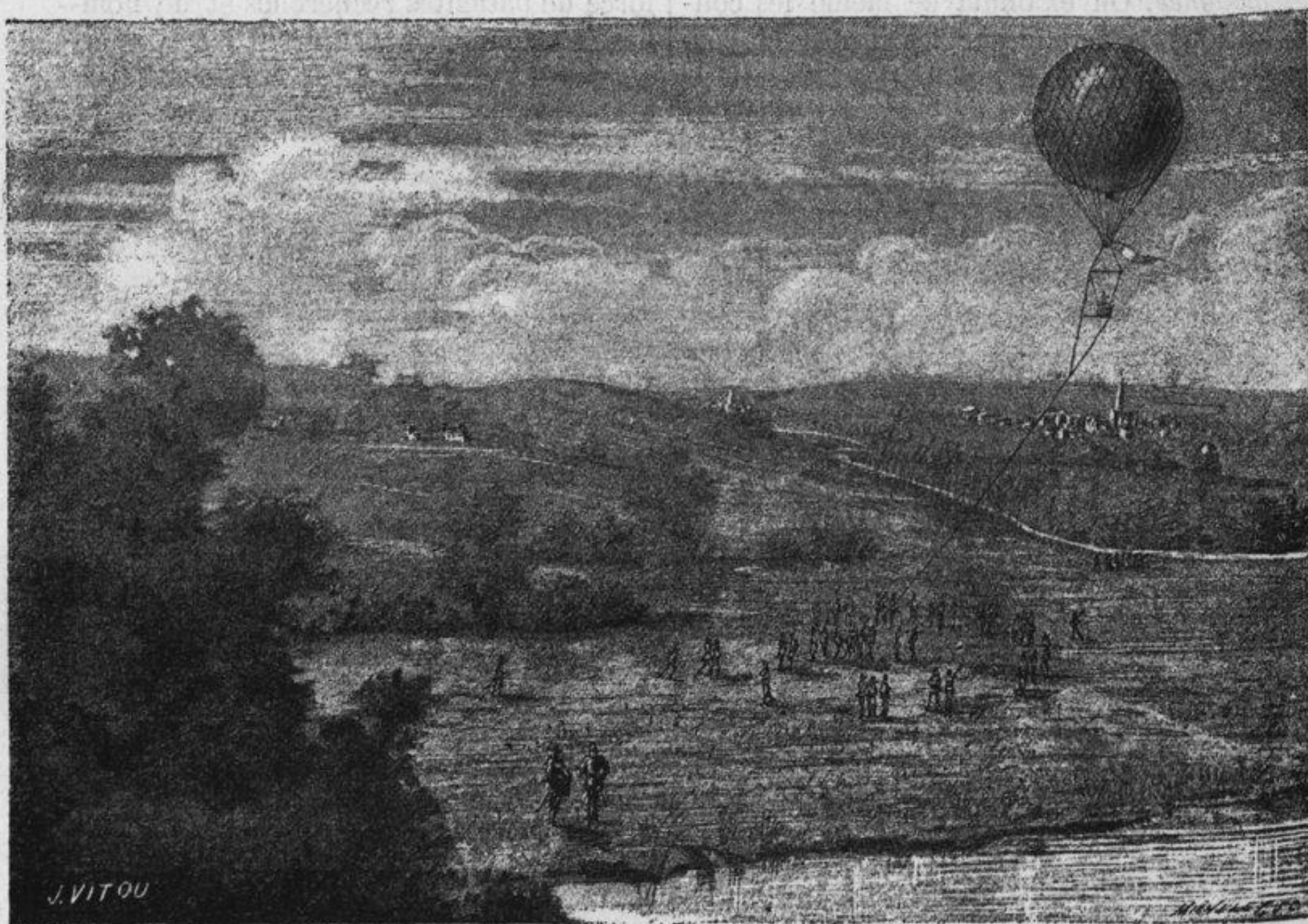


Fig. 409.

tout gonflés sur les routes, à travers champs et forêts, et à toutes les allures comme une pièce d'artillerie.

L'imperméabilité de l'enveloppe est obtenue par l'application de cinq couches de vernis spécial sur une simple épaisseur de l'étoffe de soie adoptée. M. Giffard n'avait pu arriver au même résultat, pour son grand ballon captif, que par la superposition de sept couches de mous-seline, de toile de lin et de caoutchouc.

Le mètre carré de ce produit pesait 1^k500, tandis que l'étoffe Renard ne pèse que 0^k250 au mètre carré.

La nacelle, grâce à un nouveau modèle de suspension dû au capitaine Renard, reste toujours horizontale, quelle que soit la force du vent. Les aéronautes communiquent avec la terre au moyen d'un fil téléphonique, qui s'enroule autour du câble de retenue.

La préparation de l'hydrogène se fait,

par voie humide, à l'aide d'un appareil | et pouvant produire de 100 à 200 mètres
portatif imaginé par le capitaine Renard | cubes de gaz par heure. Cet appareil est

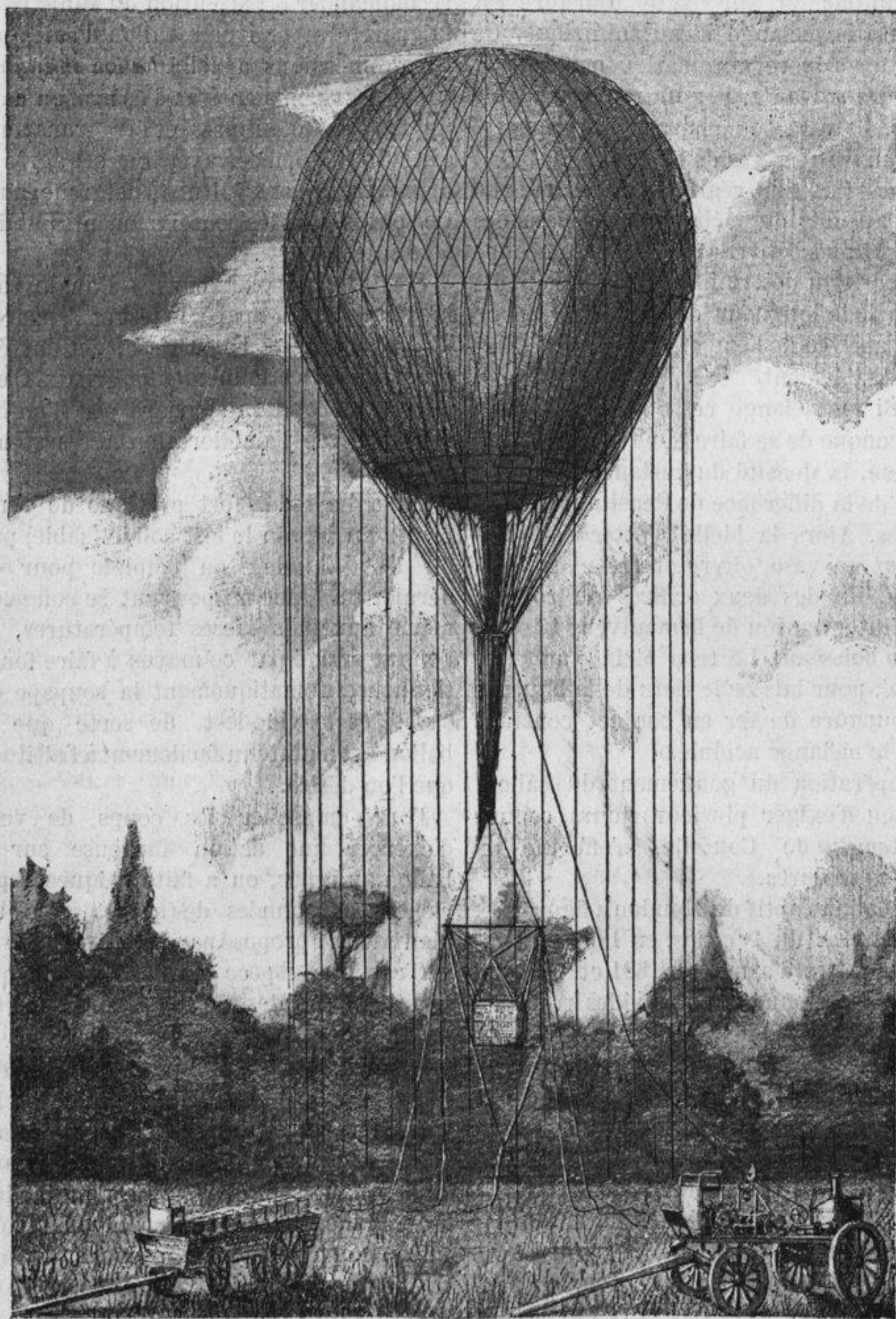


Fig. 410.

transporté sur une petite voiture que
deux hommes peuvent conduire au
besoin.

Nous empruntons au journal *l'Aéronaute*
de novembre 1877 la description du fon-
ctionnement de cet appareil.

« Le générateur contient de la tournure de fer jusqu'aux deux tiers environ de sa hauteur, et sur cette tournure est projeté le mélange d'eau sulfurique. Ce mélange s'opère automatiquement de la manière suivante, par un robinet à trois voies. Le vase de mélange C. est supporté par quatre ressorts de fer étamé (*fig. 408*). Ces ressorts sont réglés de telle sorte que sous le poids du mélange opéré dans des proportions convenables, le vase occupe une position déterminée, d'après laquelle on règle la longueur de la bielle *b*, pour que l'arrivée de l'eau et de l'acide se fasse convenablement.

« Si le mélange cesse pour une cause quelconque de se faire dans la même proportion, la densité du mélange varie par suite de la différence de densité des deux fluides. Alors la bielle *b* attachée directement au vase, ouvre ou ferme, suivant le cas, un des deux orifices du robinet par l'intervention de la manivelle 12 calée sur le boisseau. Le trop plein *o* a été remonté, pour laisser le tiers de la hauteur de tournure de fer en contact constant avec le mélange acidulé. »

L'opération du gonflement du ballon, au lieu d'exiger plusieurs jours, comme du temps de Coutelle, s'effectue en quelques heures.

Ce ballon captif de Meudon a figuré aux manœuvres du 4^e corps, en 1880 et à diverses prises d'armes en 1881 et 1882 ; il a bien fonctionné et a donné les résultats attendus.

Nous reproduisons une figure représentant la manœuvre d'un ballon captif (*fig. 409*). La figure 410 donne une idée de la manœuvre à exécuter pour atterrir ou pour faire partir le ballon captif.

Le corps expéditionnaire du Tonkin a emmené un équipage de ces ballons, qui a suivi les colonnes d'opérations en restant gonflés et a servi à faire des reconnaissances ; et a également produit un effet stupéfiant sur les indigènes, ainsi qu'en témoigne la figure 407 (N^o 872).

Signalons enfin que la *commission mixte des armes et engins de guerre* vient de recommander à l'attention du Ministre de la guerre un nouveau ballon d'assez petites dimensions appelé *ballon militaire*. Il peut être mis en état d'ascension dans un délai de 30 minutes, et être transporté à la suite des armées, avec tous ses agrès et appareils, sur une voiture à deux chevaux. Ce sont là tous les renseignements publiés à ce sujet.

875. — BALLONS LIBRES. — Dans les ballons libres, la soupape, le lest et l'appareil d'enrayage pour l'atterrissage ont été l'objet de perfectionnements sérieux. C'est encore au capitaine Renard que l'on est redevable de l'amélioration du système de soupape.

On a eu l'idée fort pratique de remplacer au besoin le lest solide (sable) par du lest liquide ; on emploie pour ce dernier un fluide ne pouvant se congeler même aux plus basses températures, et l'on est arrivé par ce moyen à faire fonctionner automatiquement la soupape de sûreté et le vide-lest, de sorte que le ballon est maintenu facilement à l'altitude que l'on désire.

Pour empêcher les coups de vent d'exercer une action fâcheuse sur le ballon au repos, on a fait quelques expériences couronnées de succès avec un plan incliné proposé par Pelletier (?)

C'est une espèce de cerf-volant, qui reçoit les rafales de telle sorte que la pression des vents, qui agit sur tout le système, vient se produire dans la direction du câble de l'ancre, ce qui empêche l'aérostat d'être entraîné sur le sol, comme le cas s'est présenté souvent, en mettant les aéronautes en danger. Ce plan incliné peut d'ailleurs facilement recevoir l'inclinaison convenable pour arriver toujours au résultat voulu, suivant la force et la direction du vent. Il est suspendu sous la nacelle et l'on cherche actuellement les dimensions à lui donner.

On s'est occupé ensuite d'une question

relativement secondaire, à savoir l'arrangement convenable, la facile disposition et le choix des instruments, appareils, cordages, etc. devant servir à la manœuvre des aéronautes, et que ceux-ci doivent avoir immédiatement et commodément sous la main, afin d'être en mesure de parer au besoin à des dangers sérieux.

876. Herse articulée. — L'ancre ordinaire a été remplacée par une *herse articulée* de l'invention du capitaine Ch. Renard, laquelle, employée depuis plus de cinq ans, a donné de bons résultats dans toutes les ascensions où l'on s'en est servi, au point de vue de diminuer les dangers de l'atterrissage. Nous en donnons la description d'après l'*Aéronaute* d'avril 1883.

« Cette herse articulée, composée de dix dents doubles, est construite en acier doux et ne pèse que 45 kilogrammes. Elle se plie et se déplie facilement, et a une longueur de 5 mètres quand elle est déployée. Elle est traversée dans sa largeur par deux tringles qui l'empêchent de rester sur un de ses côtés. Elle s'élargit au fur et à mesure qu'elle augmente de longueur, afin d'éviter que les dernières dents viennent dans le sillon des premières. Pour qu'elle prenne, il suffit de la moindre tension de sa corde, elle se redresse aussitôt et ses dents entrent facilement dans le sol.

« M. le capitaine Krebs a trouvé un appareil ingénieux, qui est fixé au cabillot même de la corde d'ancre : il est composé de deux ailes immobiles, qui servent de guide à la corde. Cet œil sert à former un frein énergique pour laisser glisser ou arrêter net la corde suivant les besoins. Pour être prêt à exécuter cette manœuvre, il suffit que le frein soit préalablement dans la corde, un seul homme peut suffire à cette manœuvre, et en vingt minutes la corde est larguée.

« L'ancre elle-même est descendue à peu près de la même manière. Une cosse, qui sert de frotteur, est préalablement

passée dans la corde de l'ancre ; elle lui est reliée par un bout de corde de 6 mètres de long, de façon que si l'on veut se servir de cette corde comme *guide-rope*, elle ne soit pas gênée par celle-ci si elle était trop courte. Dans la nacelle est logée une petite corde de manœuvre, ayant exactement la longueur de celle de l'ancre. Au bord de la nacelle est fixé un frottoir ; on laisse glisser l'ancre jusqu'à ce qu'elle soit étendue sur le sol ; on largue la corde de manœuvre et on attend, l'effet ne tarde pas à se faire sentir. La cosse reliant l'ancre à sa corde continue à la laisser glisser, et comme celle-ci est munie à son extrémité d'un cabillot en forme d'olive pour former obstacle, la corde de l'ancre se tend, et ses dents raclant un peu la terre, diminuent ainsi la vitesse acquise et finissent par entrer dans le sol, ce qui fait que le ballon se trouve définitivement arrêté. »

877. BALLONS DIRIGEABLES. — Nous avons rendu compte précédemment (n° 849) des beaux résultats obtenus par MM. Renard et Krebs en ce qui concerne la direction des ballons. Les études continuent pour arriver à donner à la question une solution de plus en plus pratique.

878. ORGANISATION ACTUELLE. — Par décret du 19 mai 1886, le service de l'aérostation militaire, resté jusqu'alors sans existence officielle, a reçu une organisation réglementaire.

L'établissement de Chalais forme un centre d'études, une école et un arsenal de construction. Un personnel spécial lui sera attaché.

Des parcs aéronautiques seront institués dans chacune des écoles régimentaires du Génie et dans certaines places désignées par le ministre ; une compagnie de chacun des quatre régiments du Génie sera affectée au service de l'aérostation militaire. La direction supérieure de ce service et de l'établissement central sera confiée à l'état-major général.

§ II. — ALLEMAGNE

879. Commission aérostatique. — Aussitôt après la guerre de 1870, le grand état-major a créé à Berlin une commission aérostatique militaire, qui comprend parmi ses membres le fameux professeur Helmholtz. D'un rapport publié en 1876 sur les essais exécutés depuis 1871, il résulte que, à cette époque on avait échoué dans toutes les tentatives faites pour diriger les aérostats, mais on espérait trouver un moyen de monter et de descendre sans jeter du lest ou sans perdre de gaz.

En 1881, il s'est formé à Berlin une société dans le but de former une station analogue à notre établissement de Mendon, d'encourager les essais de l'industrie privée et d'accorder des subsides aux inventeurs. Les études portent surtout sur les points suivants : continuation des essais de direction, en cherchant à établir les proportions et les dispositions les meilleures pour les diverses parties de l'aérostат, moyens de fabriquer et de renouveler rapidement la provision de gaz ; utilisation des aérostats, au point de vue militaire, pour transporter des engins explosifs au-dessus des positions, fortifiées ou non, sur lesquelles sont établies des troupes ennemies.

880. Reconnaissances. — Pour les reconnaissances, on emploie des ballons libres et des ballons captifs. En ce qui concerne ces derniers, nous n'avons rien à ajouter sur leur mode d'emploi dans les conditions que nous avons indiquées. Les ballons libres ne peuvent servir à explorer une certaine étendue de pays que s'ils sont dirigeables. Les recherches faites dans ce but en Allemagne, n'ont donné jusqu'ici aucun résultat pratique. Nous mentionnons cependant les expériences faites, en 1882, avec un appareil dirigeable inventé par MM. Baumgarten et Welfert et patronné par la Société dont il a été parlé.

Gonflé à l'aide de l'hydrogène, ce ballon, d'une capacité de 330 mètres cubes, se meut dans tous les sens au moyen de roues et d'hélices à ailes fixées à la nacelle et mises en mouvement par un mécanisme spécial. Ce mécanisme est caractérisé par les deux propriétés particulières suivantes :

1° La force ascensionnelle est à peu près nulle, et il ne s'élève dans les airs que sous l'activité du propulseur hélicoïdal fixé à la nacelle, de sorte qu'on peut monter à volonté sans jeter du lest et descendre sans ouvrir aucune soupape. Ce propulseur est double : une des hélices, dont l'axe est vertical, sert à monter ou à descendre ; l'autre, avec axe horizontal, sert à imprimer un mouvement de translation.

2° La nacelle est fixée d'une manière invariable au ballon, d'où il résulte que, lors de l'atterrissage, on n'a pas à craindre les oscillations qui se produisent lorsque cette nacelle est maintenue simplement par des cordages flexibles. Comme on le sait, ces oscillations proviennent de ce que, au moment où la nacelle touche terre, elle ne pèse plus sur le ballon, qui, se trouvant ainsi allégé, se relève brusquement, et il en résulte une série de bonds désagréables et même dangereux.

881. Ballons dirigeables. — Deux expériences auraient été faites par le docteur Welfert avec un ballon dirigeable ayant la forme d'un cigare et cubant 500 mètres cubes. Dans chacune de ces deux ascensions, dont l'une a duré deux heures et demie, le docteur déclare qu'il est parvenu à naviguer contre le vent ; mais personne n'a pu contrôler cette assertion, qui n'a aucune valeur puisqu'elle est dépourvue de preuves. Il paraît que l'appareil moteur employé brûle le gaz du ballon.

La figure 411 représente un ballon de ce genre, mais avec trois nacelles. Le docteur Baumgarten, ayant voulu faire une ascension dans un appareil de ce genre, s'était placé dans une nacelle des extrémités et détruisit l'équilibre, de sorte que le ballon redescendit rapidement, heureusement sans accident.

Citons un système de ballon dirigeable proposé par l'ingénieur *Quirinus*, attaché au Ministère de la Guerre, qui substitue à l'action du gouvernail celle de deux

roues à aubes se mouvant en sens contraire et qui, grâce à leur diamètre de deux mètres, permettent au ballon de fendre l'air et d'être dirigé à droite ou à gauche. On ne connaît pas le résultat des expériences faites avec ce ballon, mais tout porte à croire qu'il a été négatif, car on n'en a pas parlé.

Nous indiquerons plus loin les expériences faites sur l'application des procédés photographiques au levé des plans en ballons, sur le transport et la projection de

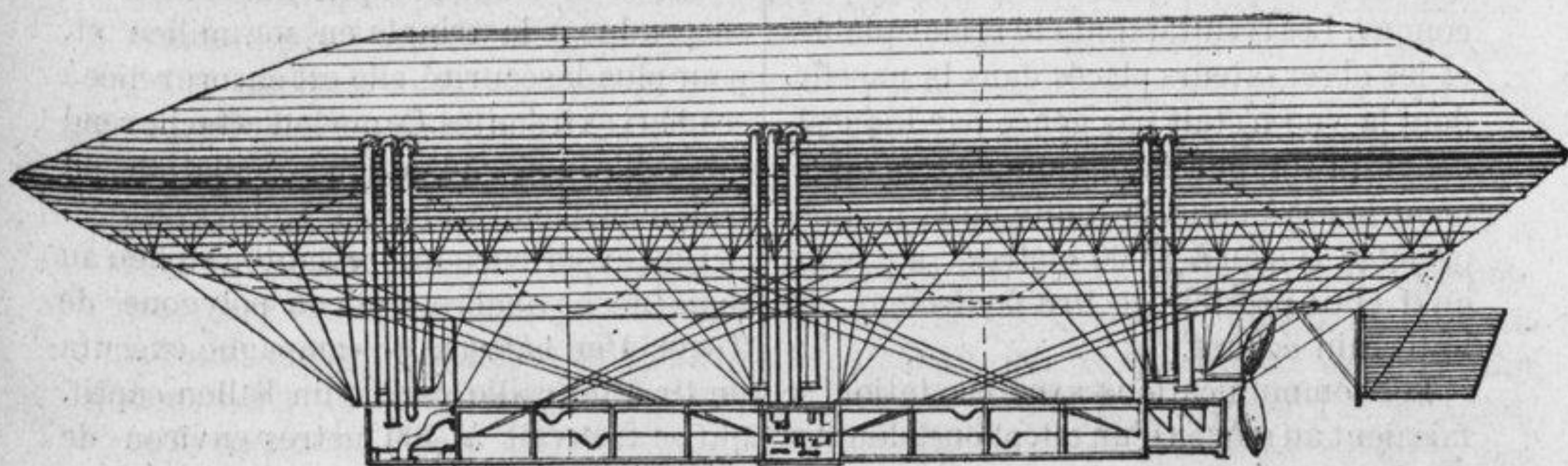


Fig. 411.

projectiles explosifs au moyen de ballons et sur les engins à employer pour tirer sur les ballons.

883. Aérosters militaires. — Le précédent ministre de la guerre, le général von Kamècke, peu partisan des ballons, avait laissé à l'initiative privée le soin de poursuivre les recherches, mais le ministre actuel, le général Bronsart von Schellendorf, a voulu continuer les études d'une manière officielle. Il a ordonné, par ordre du 9 mai 1884, la création, à titre provisoire d'un détachement d'aérosters, comprenant trois officiers ou aéronautes, et 29 sous-officiers et soldats. Ce détachement, placé sous la direction du capitaine Buchholtz du régiment des chemins de fer, s'est installé le 1^{er} juin 1884 dans les bâtiments de la gare de l'est à Berlin, où il règne depuis une grande activité. On y fabrique de toutes pièces les ballons devant servir aux exercices. Après avoir confectionné

des petits ballons de 50 mètres cubes, non destinés à être montés, le détachement construit des ballons captifs. Le type auquel on s'est arrêté pour le moment est un ballon en soie cubant environ 1.400 mètres et pouvant enlever 8 personnes ; les cordages du filet aboutissent à une barre en fer de 10 mètres de longueur et de 0^m,05 d'épaisseur au milieu de laquelle on suspend la nacelle et qui se relie par ses extrémités au câble de retenue, de telle sorte que les dispositions adoptées empêchent la nacelle de prendre une inclinaison dangereuse. On avait espéré faire figurer un de ces ballons aux manœuvres d'automne de 1884, mais, par suite de difficultés matérielles probablement, les expériences ont dû être ajournées.

On a fait des expériences en vue de déterminer la force de résistance des câbles des ballons captifs et constaté que un cordage de 4 millimètres de diamètre

se rompt à une hauteur de 450 mètres, le manomètre marquant une pression de 400 kilogrammes.

Le 14 avril 1885, de nouvelles expériences ont été faites au Schœneberg, en vue d'étudier l'emploi de la lumière électrique pour les observations de nuit. Le ballon qui, dans le jour s'était élevé à 600 mètres, fut maintenu à 60 pendant la nuit; la lampe voltaïque actionnée par une machine de la maison Siemens et Halske, était pourvue d'un réflecteur permettant de lancer le faisceau lumineux dans une direction quelconque. Les résultats ont été remarquables et les observateurs placés dans la nacelle dont la vue n'était pas gênée par les accidents du sol, purent distinguer très nettement le pays dans la limite de la lumière projetée (jusqu'à 2,000 mètres), au point qu'il était possible de lire facilement sur le terrain éclairé.

Les communications avec la station se faisaient au moyen d'un téléphone, dont les conducteurs étaient enfermés dans le câble.

Un détachement d'aérostiers a pris part aux manœuvres de forteresse qui ont eu lieu à Cologne au mois d'août 1885. Il a été fait usage d'un ballon de 1,200 mètres cubes, attaché par un câble de 500 mètres de long, renfermant la conduite téléphonique qui reliait la nacelle au sol. Un appareil porté par le ballon permettait d'éclairer électriquement le terrain. Une ascension libre eut lieu également le 2 août; le ballon monté par l'aéronaute Opitz, du ministère de la guerre, et par un officier du génie de la place, fut poussé par un vent calme au delà du Rhin, et vint atterrir au bout d'une heure environ sans accident.

Un autre aérostat plus petit et sans nacelle a servi aux signaux de nuit; un fil contenu dans le câble permettait de faire luire dans l'intérieur du ballon un foyer de lumière électrique pendant un temps plus ou moins long.

Le détachement d'aérostiers aurait également fait, d'après la *Gazette de Metz* du 29 février 1875, l'essai d'un nouveau bal-

lon captif en soie, de la forme d'une pomme et d'une capacité de 1.400 mètres cubes, pouvant enlever huit personnes. Les cordages du filet, au lieu d'être attachés à un anneau placé sous l'aérostat, sont fixés à des intervalles déterminés, à une tringle de fer de 10^m,30 de longueur, et de 0^m,05 à 0^m,06 de diamètre. Un câble de 0^m,01 de diamètre est suspendu, sur une longueur de 20 mètres, à chaque extrémité de cette tringle; les deux câbles se rejoignent ensuite pour former un câble unique servant à retenir le ballon captif. La nacelle est suspendue à la tringle en son milieu et, pour plus de sécurité, elle est encore reliée à ses deux extrémités. Ce mode d'attache rend la nacelle indépendante des oscillations du ballon et facilite alors les observations.

Une expérience intéressante a eu lieu au mois de novembre 1885 au polygone de Tegel. Une batterie de campagne exécuta un tir à mitraille contre un ballon captif, qui se trouvait à 400 mètres environ de hauteur. Le tir fut réglé d'après les conditions ordinaires et la hausse fixée à 1.400 mètres. Après quelques coups, le ballon commença à descendre et l'on constata que les ballons captifs courraient le risque d'être mis rapidement hors de service, s'ils ne pouvaient pas s'élever à plus de 400 mètres.

D'après la *Metzer Zeitung*, on songerait à utiliser les ballons non seulement dans la guerre de siège, mais aussi dans la guerre de campagne, et dans ce but on donnerait un développement nouveau au détachement d'aérostiers.

Il est probable que, à l'expiration du septennat militaire, l'Allemagne portera de deux à trois le nombre des bataillons du régiment de chemins de fer à qui incombe le service de l'aérostation; jusqu'à présent, malgré toute son activité, le détachement d'aérostiers allemands, dans les résultats d'ailleurs satisfaisants qu'il a obtenus, n'a rien innové et n'a fait en général que chercher à employer des procédés que nous connaissons depuis longtemps.

§ III. — ANGLETERRE

884. Établissement aéronautique militaire. — Le *War office* s'est enfin décidé à reconnaître l'aérostation comme une des branches de l'art militaire. On a créé à Wolwich, en 1878, un établissement aéronautique militaire, semblable à celui que nous avons à Meudon, et un détachement d'aérostiers.

Cet établissement est chargé de faire des expériences et de déterminer les meilleures conditions d'emploi et de fabrication des ballons, mais sans s'occuper de la direction de ces derniers au moyen d'un moteur mécanique. Pendant l'hiver un certain nombre d'officiers du génie viennent suivre des cours pratiques dans l'établissement.

Les ballons existants en Angleterre en 1879, au nombre de huit, cubaient de 400 à 1,400 mètres cubes et étaient gonflés soit au gaz hydrogène, soit au gaz d'éclairage. Les fourneaux employés pour la préparation de ce dernier, au moyen du procédé de Coutelle, se démontent en trois parties pour pouvoir être transportés dans les voitures d'un parc de siège. Les diverses parties se remontent très facilement et la mise en place s'opère assez rapidement, car avec un seul de ces fourneaux on est arrivé à fabriquer en vingt-quatre heures le gaz nécessaire à deux ballons. Chaque appareil peut produire 100 mètres cubes de gaz hydrogène par heure. Le capitaine *Templer* a réussi à enfermer ce gaz très subtil en appliquant un apprêt spécial sur l'enveloppe en étoffe de batiste. Le câble, qui retient le ballon captif, a 0^m,037 de diamètre et contient un fil pour les communications téléphoniques.

D'après des renseignements récents, on recherche un ballon d'une capacité de

300 à 400 mètres cubes; plus maniable que ceux qui existent. Le train nécessaire pour le transport des appareils et du gaz comprendrait trois voitures à quatre chevaux. Le ballon pourrait être gonflé et prêt à fonctionner en quatre heures. Une des trois voitures est construite de manière à maintenir, sans le secours de personne, le ballon dans son ascension, qui d'ailleurs ne peut dépasser la faible hauteur de 80 mètres.

Le major *Elsdale*, premier aéronaute à l'école du Génie de Chatham, a adressé récemment au Ministre de la guerre, un mémoire sur l'organisation d'une station d'expériences et d'étude pour l'aérostation. En même temps il a présenté un projet d'appareil transportable, dans lequel on peut produire l'hydrogène soit par l'action du fer sur la vapeur d'eau, soit par celle de l'acide sulfurique sur le fer; il propose également des moyens pour le transport du gaz comprimé et l'emploi de montgolfières à air chaud. On a même expérimenté à Wolwich, une espèce de montgolfière à pétrole, présentée par un Français nommé *Ménier*. Un accident, qui causa l'incendie de la montgolfière, mit fin aux expériences.

Mentionnons encore la tentative faite par l'aéronaute *Simmons* pour remplacer, au point de vue militaire, le ballon par une espèce de cerf-volant (*kite*), qu'il nomme *parakite* en raison de sa construction particulière. C'est, en effet une combinaison du parachute et du cerf-volant. Les expériences faites jusqu'à présent n'ont pas donné des résultats satisfaisants.

885. Emploi dans les expéditions. — Une section d'aérostiers a été dirigée sur le Soudan au mois de février 1885. Elle amenait le matériel suivant : trois ballons, un appareil pour la préparation de l'hydro-

gène et un certain nombre de cylindres en acier disposés pour recevoir de l'hydrogène comprimé à vingt atmosphères. L'appareil devait être établi à demeure au point de départ des opérations militaires ; les ballons préalablement gonflés et maintenus captifs, marcheront avec l'armée et seront suivis d'un nombre de cylindres suffisants pour parer aux pertes de gaz.

Les Anglais ont également employé des ballons dans leurs récentes expéditions en Afghanistan et dans le Zululand, nous ignorons dans quelles conditions.

Mais l'on connaît ce qui suit au sujet de l'emploi qui a été fait d'un ballon d'observation envoyé en Égypte, avec le personnel nécessaire pour son fonctionnement. Ce ballon a fait partie d'une expédition formée à Souakim. Gonflé pendant une nuit au moyen de 7,000 pieds cubes de gaz transporté dans des cylindres en tôle, le ballon, monté par le lieutenant Mackenzie, s'éleva au jour à une hauteur de 60 mètres, à laquelle il fut maintenu au moyen d'un câble attaché à une voiture marchant au milieu d'un carré formé par les troupes et le convoi.

Le terrain en avant, couvert de broussailles, ne laissait rien apercevoir, mais du ballon on put distinguer diverses colonnes ennemies, dont une à 400 mètres seulement des troupes anglaises. Les dépêches étaient transmises de la nacelle au moyen de morceaux de papier, que l'on faisait glisser le long du câble à l'aide d'une ficelle. Lorsqu'on fut arrivé à la halte, le ballon fut descendu, dégonflé et l'enveloppe emballée. Celle-ci confectionnée en baudruche à battre l'or, avait 7 mètres de diamètre et pesait environ 41 kilog.

On employa également avec succès la lumière électrique du haut du ballon, pour le service d'observation du camp.

Le major Templer se déclare très satisfait du résultat de cette ascension, qui lui a permis de constater que son ballon militaire peut rendre de bons services après

un long délai, et que du gaz fabriqué à Chatham et transporté dans des réservoirs a pu maintenir le ballon gonflé pendant neuf heures.

886. Expériences. — On a également fait à Wolwich des expériences ayant pour but d'étudier l'effet des hélices sur la direction des ballons sphériques. Les résultats ont été à peu près nuls.

On a cherché de même à se rendre compte des services que pourrait rendre un ballon captif pour relever les résultats du tir. Avec une atmosphère tranquille, on avait ainsi une observation commode, mais on n'en proposa pas l'adoption pour cet usage, en raison du but trop visible que le ballon offre à l'ennemi, sans compter les graves difficultés que présentent le remplissage et le transport.

Pour constater les effets du tir à shrapnels, on tira deux coups avec un canon de campagne de 13 livres, contre un ballon de 13 mètres de haut et de 10 mètres de large, placé à une altitude de 200 mètres et à une distance de 1780 mètres. Les shrapnels éclatèrent en avant du but, à des distances de 28 et de 46 mètres et 56 éclats atteignirent le ballon, qui descendit lentement. Avec un but aussi vaste, tout porte à croire qu'il serait possible de l'atteindre avec des pièces rayées, même aux distances de 3,000 et de 3,500 mètres.

Enfin, les essais faits en Angleterre sur les ascensions captives, sur le transport des ballons gonflés et sur les communications à terre par le télégraphe ressemblent exactement à ce qui se fait en France. Nous avons indiqué (n° 856) les résultats obtenus par l'étude des courants.

Les Anglais ont également employé des ballons dans leurs expéditions en Afghanistan et dans le Zululand, mais nous ignorons dans quelles conditions.

887. Matériel. — En résumé, l'Angleterre attache une grande importance à l'emploi des ballons en campagne, et à cet effet elle a cherché à rendre son matériel aussi léger et aussi facile à transporter et

à utiliser que possible. Un équipage de ballon se compose de trois voitures à quatre chevaux.

1° *Le générateur du gaz.* Nous avons indiqué plus haut les procédés employés pour la production du gaz.

2° *La voiture du ballon.* Après diverses recherches, l'enveloppe du ballon paraît être la baudruche employée par les batteurs d'or. L'appareil est rendu aussi pratique que possible pour le service en campagne. Le téléphone est installé de manière que les aéronautes puissent s'en servir sans l'avoir à la main.

3° *La voiture du matériel de l'équipage.* Les objets compris dans ces deux dernières sont, outre le ballon et ses agrès, quarante sacs de lest, de petits ballons-pilotes, des tuyaux de remplissage de

petits ballons pour parer aux pertes de gaz du grand sans l'amener à terre, un sac d'hydrogène pour remplir les petits ballons-pilotes, un sac d'oxygène pour servir au besoin à la respiration, en outre les différents ustensiles et outils pour réparer le ballon, des cartes, des cordages, des moufles, des ancres, compas, baromètres, téléphones, etc.

On a annoncé que, en cas de guerre, on créerait plusieurs compagnies d'aérostiers militaires, qui seraient munies chacune de deux ballons.

D'après ce qui précède, on a pu constater que la question de l'aérostation militaire est étudiée, en Angleterre, avec la méthode, la persévérance et le sens pratique qui caractérisent nos voisins.

§ IV. — AUTRICHE-HONGRIE

887. État général de la question. — Malgré l'emploi pratique des aérostats tenté par les Autrichiens devant Milan en 1848 et devant Venise en 1849 (nos 865 et 867), les progrès dans cette branche ont été peu sensibles.

Il est vrai qu'il n'existe actuellement en Autriche ni personnel ni matériel d'aérostation militaire. Le département de la guerre s'est contenté jusqu'ici de faire suivre, par quelques officiers, soit les expériences de l'association formée à Vienne par des capitalistes en vue de résoudre le problème de la direction des ballons, dans le triple but commercial, scientifique et surtout militaire, soit les séances du groupe spécial qui s'est constitué dans l'association des ingénieurs et des architectes pour l'étude des questions techniques se rattachant à la navigation aérienne.

Ce dernier groupe paraît n'être pas sorti encore des recherches théoriques. L'autre association a fait exécuter des

expériences au moyen d'un aérostat inventé par *M. Paul Haenlein*. Cet appareil se compose d'un ballon gonflé au gaz d'éclairage de forme allongée, muni à sa partie inférieure d'un ballonnet à air (n° 840). Le ballon est muni d'un moteur Lenoir alimenté par le gaz du ballon, et qui actionne un système d'hélices dont les unes, à axe horizontal, doivent produire le mouvement de propulsion et d'autres, à axe vertical favorisant le mouvement ascensionnel. (*Fig. 412*) Ces expériences, qui ont absorbé 200,000 francs, sont restées sans résultat pratique.

Plus récemment, *M. Haenlein* a proposé un petit modèle de ballon dirigeable, mû par l'air comprimé. Ce ballon de forme allongée, qui ne cube que 120 mètres, pèse 77 kilog. avec tous ses accessoires, et il revient à 2,200 francs environ; son enveloppe est en étoffe de lin fine et gommée.

La machine motrice consiste en un cylindre à double effet (diamètre 0^m,04),

dont le piston met en mouvement l'arbre de la manivelle au moyen d'un bielle. L'hélice aérienne (diamètre 1^m,80) est fixée directement sur cet arbre de manivelle, auquel elle sert en même temps de volant. Le cylindre, analogue au cylindre à vapeur, est gouverné à l'aide d'une plaque de tiroir ordinaire.

Un réservoir rempli d'air comprimé se trouve directement sous le ballon et sert à l'alimentation du cylindre, avec lequel il est en relation directe. Sur ce réservoir qui sert aussi de châssis pour le ballon, sont assujettis les montants du gouvernail, ainsi qu'un mouvement d'horlogerie pour obtenir la manœuvre automatique.

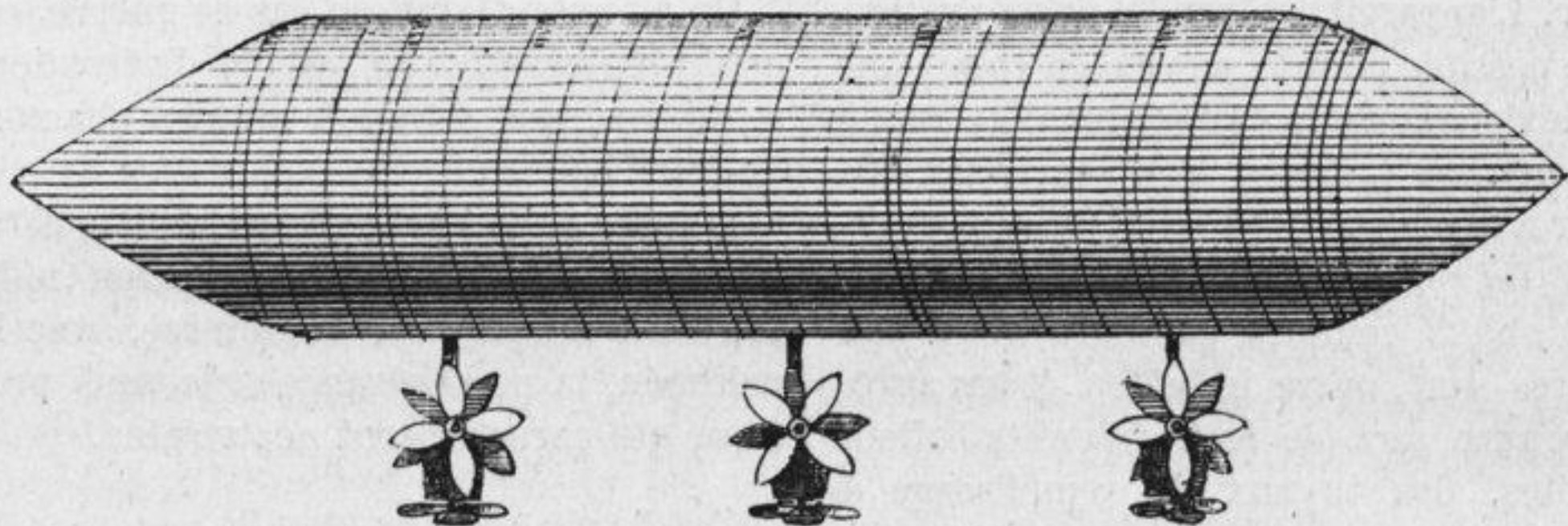


Fig. 412.

Ce petit modèle n'a pas été expérimenté, mais il ne présente pas de chances de réussite : 1^o, parce que les ballons ne peuvent être réellement dirigeables que s'ils sont grands; 2^o parce que l'air com-

primé n'est un moteur léger que pour un temps fort court, un quart d'heure au plus, mais ne peut pas être admis pour une ascension durant seulement une heure.

§ V. — BELGIQUE

889. Aéroliers militaires. — L'état-major de ce pays ne s'est pas désintéressé des questions aéronautiques. Il a dirigé son attention sur un appareil inventé en Amérique, le ballon porte-torpille. C'est un ballon captif qui porte, à sa partie inférieure, une torpille ordinaire au bout d'une corde de deux mètres. Cette corde est imprégnée d'une substance à laquelle ceux qui dirigent le ballon depuis la terre mettent le feu par l'électricité. La corde se rompt alors et la torpille tombe. Cet appareil n'est d'ailleurs qu'une des

mille combinaisons ingénieuses dont on ne pourra faire usage que le jour où l'on saura réellement diriger les aérostats.

Le Ministre de la guerre a décidé en mai 1886, la création d'un corps d'aéroliers, qui serait annexé au premier régiment du génie. Il vient d'autoriser l'inspecteur général du génie à passer marché avec un constructeur français pour l'acquisition d'un premier ballon captif avec accessoires, destiné au service d'observations d'Anvers.

§ VI. — ITALIE

890. Ballon captif. — L'Italie s'est beaucoup occupée depuis longtemps de navigation aérienne et l'on sait que son gouvernement a fait construire deux ballons captifs à vapeur, destinés à des expéditions militaires. L'exécution de ces ballons a été confiée à M. Gabriel Yon, ingénieur aéronautique dont nous avons déjà eu occasion de parler.

Les conditions suivantes destinées à garantir au système étudié la simplicité, l'efficacité et en même temps à présenter de la sécurité et une grande facilité de manœuvre, étaient exigées du type de ballons captifs à expérimenter.

1° Porter deux hommes à l'altitude de 500 mètres ;

2° Conserver à cette altitude une force ascensionnelle suffisante pour permettre le fonctionnement facile de l'appareil sous une brise de 10 mètres à la seconde ;

3° S'élever à l'altitude de 500 mètres en 10 minutes et pouvoir descendre sur le sol dans le même temps ;

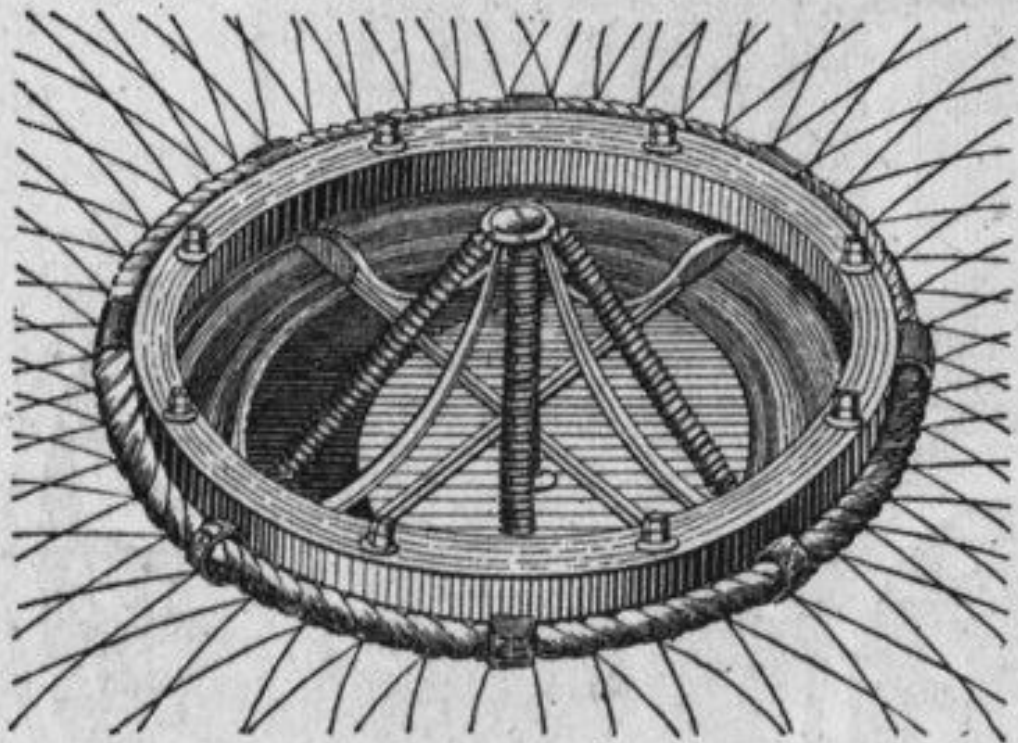


Fig. 413.

4° Appareil permettant de transporter le ballon captif pendant le cours de l'ascension ;

5° Effectuer le gonflement en 3 heures.

Le type de ballon captif transportable répondant à ces conditions se compose de trois parties principales :

1° *Le matériel aérostatique proprement dit.* Il comprend d'abord un ballon de soie dite ponghée, de forme sphérique de 10 mètres de diamètre, soit de 536 mètres cubes. Une *valve ou soupape de manœuvre* est disposée à la partie supérieure du ballon (*fig. 413*) et une *valve automatique* à la partie inférieure ; ces deux valves ont pour objet de donner issue au gaz au fur et à mesure de la dilatation qui se produit pendant l'ascension. La nacelle qui peut contenir deux hommes est suspendue à une espèce de trapèze par une articulation à la Cardan (Voir *fig. 416* plus loin) ce qui assure son équilibre dans toutes les positions. La communication avec la terre est assurée au moyen de fils téléphoniques roulés en spirales autour du câble de 500 mètres de longueur. L'aérostat est en outre pourvu d'une ancre avec son cordage, de deux cordages de manœuvre, d'un câble modérateur ou guide-rope et de petits appareils nécessaires en cas d'ascension libre. Tout ce matériel, y compris l'enveloppe du ballon, se charge sur une voiture spéciale, dont le poids, y compris le matériel transporté, n'atteint pas 2.000 kilog.

2° *Un appareil générateur à gaz d'hydrogène*, monté sur une voiture à quatre roues. Le gaz hydrogène y est produit par la décomposition de l'eau, en présence du fer et de l'acide sulfurique. Le procédé n'est pas tout à fait continu et ressemble beaucoup à celui employé par M. Giffard.

La production est d'environ 200 mètres cubes par heure, de sorte que l'aérostat peut être gonflé en 3 heures (*fig. 414*),

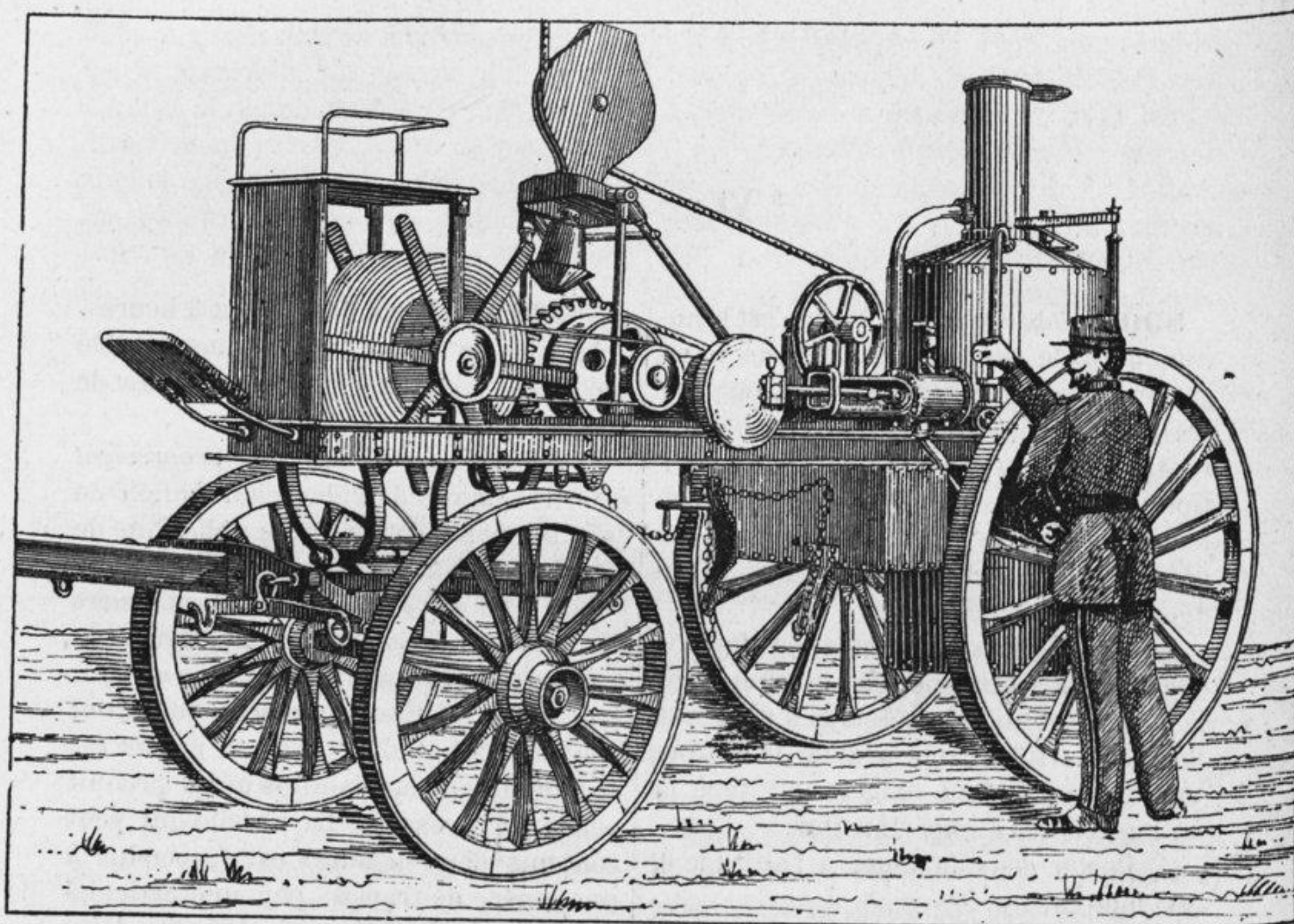


Fig. 414.

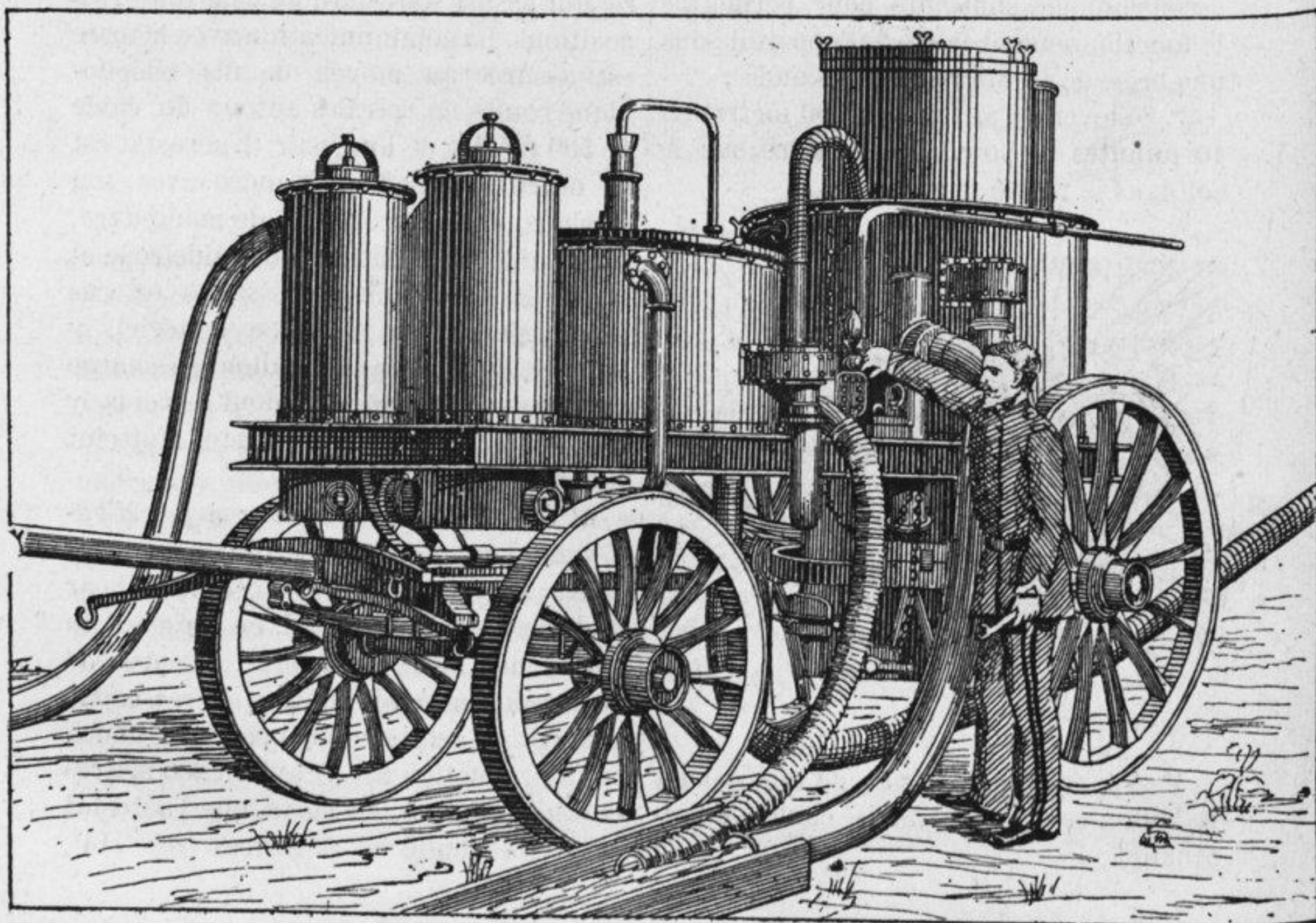


Fig. 415.

Le poids de ce chariot, y compris tous ses accessoires, est de 2.800 kilog.

3° *Un treuil à vapeur pour la manœuvre du câble retenant le ballon.* La machine à chaudière verticale, de la force de cinq chevaux, peut faire descendre, en moins de dix minutes, le ballon arrivé à sa plus grande hauteur (500 mètres).

Une poulie à mouvement universel, d'où part le câble de retenue, est fixée à la voiture, ce qui permet de transporter l'aérostat, tout gonflé, pendant l'ascension. Le poids de la voiture également à 4 roues est de 2,500 kilogs avec tout le chargement (*fig. 415*).

Les organes d'arrêt, tels que corde, frein et ancre, ont été eux-mêmes améliorés au point que leur effet utile à poids égal a été plus que doublé.

Enfin, pour obtenir un parc complet, il faudrait, aux trois voitures précédentes, joindre trois ou quatre autres voitures pour l'acide sulfurique et deux voitures pour la tournure de fer, le charbon et la collection d'outils, soit un total de sept à huit voitures, qui peut paraître un peu élevé pour en rendre l'emploi bien général en campagne.

L'installation en temps de guerre devra

toujours se faire à proximité de l'eau, afin d'y amorcer le tuyau d'aspiration des corps de pompes ; car c'est, comme on a pu le voir, sur la décomposition de cette eau en ses deux éléments, l'oxygène et l'hydrogène, qu'est basé l'ensemble des appareils de gonflement.

Jusqu'à présent, le Ministre de la guerre n'a attribué ces ballons qu'aux parcs de siège ; néanmoins, en raison de leur grande mobilité, on pourra les utiliser aussi dans la guerre de campagne.

D'après des calculs faits à Rome, les frais de gonflement d'un de ces ballons et de remplissage pendant huit jours, s'élèveraient à 700 francs environ, uniquement pour les manipulations des matières consommées.

Des expériences faites à Turin avec ce matériel, en juin et en juillet 1885, ont permis de constater qu'il n'avait rien à envier à celui des autres puissances, et comme il est de provenance française, on a même supposé que le secret des ateliers de Meudon avait été violé. L'aéronaute Louis Godard a, en six semaines, dressé à la manœuvre des ballons une compagnie du génie italien.

§ VIII. — RUSSIE

891. Expériences et projets divers. — Des expériences d'aérostation ont été faites à partir de 1870, par ordre du Ministre de la guerre sur la demande du général Todleben ; elles ont permis de constater que, par un vent ordinaire et modéré, il serait possible de faire des reconnaissances militaires, mais qu'il serait difficile, sinon impossible, de tracer un levé en ballon. Ces résultats n'apprennent rien de nouveau.

Après la guerre russo-turque de 1877, la question des ballons a été soulevée de nouveau, et en 1880 il s'est formé une

société sous la direction du général Klinder, dans le but de s'occuper spécialement de l'aérostation. Jusqu'à présent elle s'est bornée à publier une Revue.

Comme projets, on peut citer : 1° l'appareil du professeur Baranowski, sorte d'oiseau mécanique, avec roues, ailes et gouvernail, mis en mouvement par la vapeur et pouvant emporter deux personnes ; 2° un ballon à hélice, la *Rossija* du capitaine Koztowitz, qui a 61 mètres de long, 24 mètres de haut et 15^m,50 de large. Il sera mu horizontalement par une hélice, actionnée par une machine de cinquante

chevaux ; 3° un appareil du même officier et permettant d'obtenir, en huit minutes, les 28 mètres cubes d'hydrogène nécessaire au gonflement d'un ballon captif destiné à élever à 300 mètres une lanterne électrique capable d'éclairer jusqu'à

40 milles. Nous ne connaissons pas le résultat des expériences qui ont dû être faites avec le ballon et l'appareil du capitaine Koztowitz.

892. Matériel militaire. — Après les résultats favorables des expériences faites

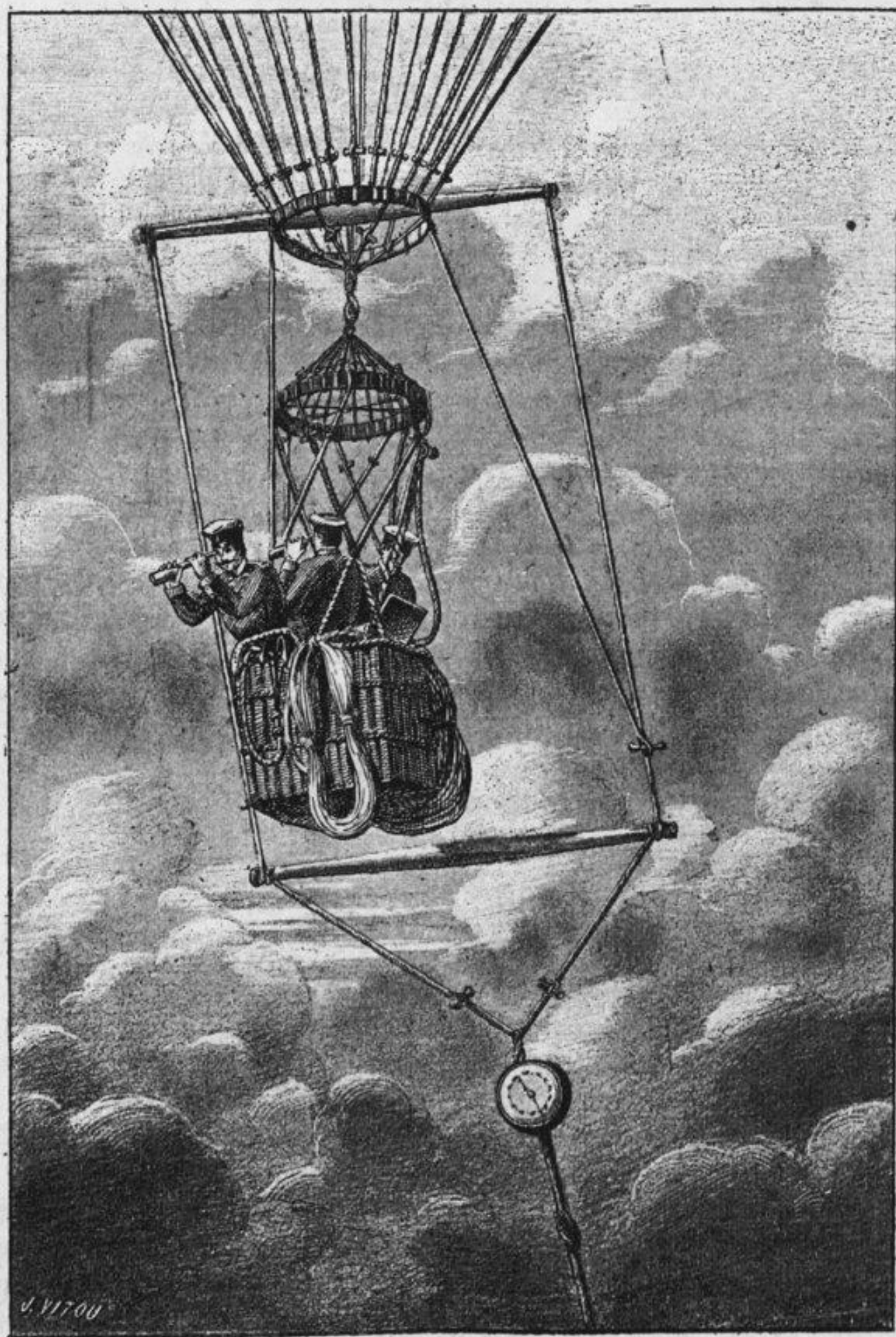


Fig. 416.

avec le matériel italien construit par M. Yon (n° 890), le gouvernement russe a commandé à ce constructeur deux parcs

aéronautiques complets, semblables à ceux de l'Italie.

Chaque ballon cubant 650 mètres, afin

d'emporter trois personnes, peut être trainé par deux chevaux, sur un chariot. Le câble peut s'enrouler ou se dérouler sur un treuil avec une vitesse de 1 mètre à 1^m,40 par seconde. Tandis que l'enveloppe des ballons italiens est en ponghée de soie, celle des ballons russes est en coton.

Le constructeur mit à profit les enseignements résultant des expériences pré-

cédemment faites en Italie pour corriger ce nouveau matériel de quelques légères imperfections qui, au premier essai, n'avaient pu être évitées. Des modifications de détail furent en outre apportées à l'agencement des divers organes du treuil à vapeur.

Les expériences d'épreuve de ces deux parcs eurent lieu à Paris au mois de septembre 1883, en présence du général du

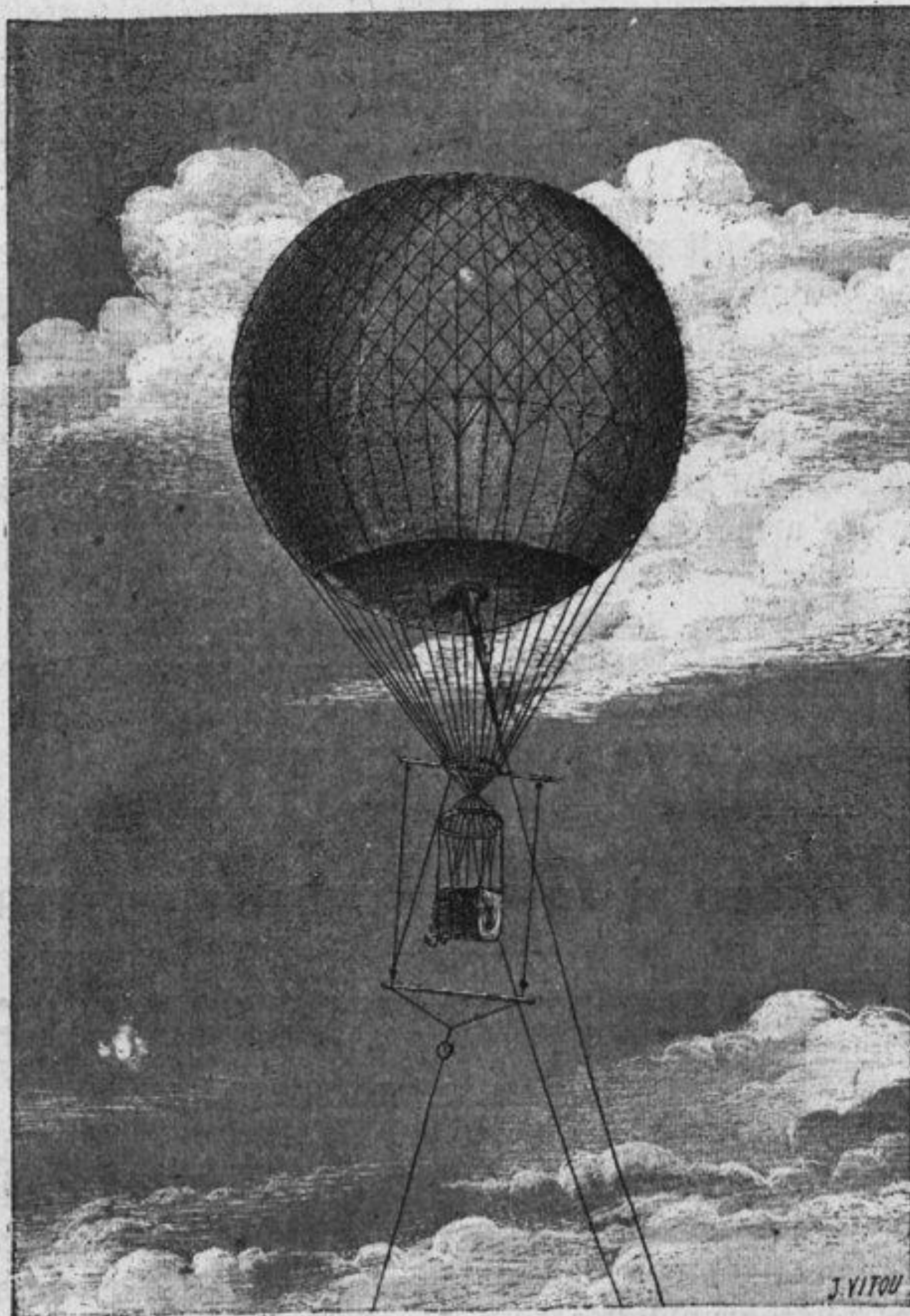


Fig. 417.

génie Boreskoff. Les résultats ont été parfaitement satisfaisants.

Le 6/18 octobre 1883, eut lieu à Saint-Petersbourg la première ascension libre faite avec ce matériel. Le ballon fut

gonflé en quarante-deux minutes au gaz d'éclairage, et fut lancé vers une heure de l'après-midi par un beau temps à la température de 3° Réaumur. Deux officiers et un aéronaute avaient pris place dans

la nacelle (*fig. 446*). Le ballon s'éleva rapidement à l'altitude de 1.400 mètres, puis se dirigea vers le sud-ouest avec une vitesse de dix mètres à la seconde. On le fit descendre à deux reprises jusqu'à 400 mètres, pour le laisser monter ensuite à 2.225 mètres, où la température était de 10°. Après une navigation de 5 heures, le ballon descendit à Novogorod, ayant ainsi parcouru 160 kilomètres.

Enfin, la *Vedette* annonce que le gouvernement russe est décidé à créer, en 1885, une section d'aérostiers analogue à celle qui existe en Allemagne. En outre, un certain nombre de parcs à ballons seraient installés en des points déterminés, pour servir à l'instruction des hommes et à l'expérimentation d'inventions nouvelles. Les aérostiers feraient partie des troupes du génie.

§ VIII. — CHINE

893. — L'effet produit sur l'armée chinoise par nos ballons captifs (n° 872) a engagé le gouvernement chinois à se procurer des engins semblables. Il a commandé en conséquence à M. Gabriel Yon deux aérostats du genre de ceux construits pour les armées italienne et

russe (n° 890). L'un de ces ballons sera de grand volume (5.000 mètres cubes); l'autre, de dimensions ordinaires (500 mètres cubes), sera muni du matériel nécessaire au gonflement par le gaz hydrogène pur et aux ascensions captives (*fig. 447*).

CHAPITRE VII

LA PHOTOGRAPHIE ET LE TIR EN BALLON

§ I. — LA PHOTOGRAPHIE EN BALLON

894. Expériences diverses. — Il est évident que la solution du problème d'obtenir une méthode pratique pour faire en ballon des levés photographiques suffisamment exacts, présenterait un avantage considérable au point de vue militaire, puisqu'on aurait ainsi la reproduction de la forteresse ou du camp ennemi que l'on aurait intérêt à connaître, et cela d'une manière plus précise qu'à l'aide de renseignements écrits ou verbaux.

Cette question a depuis longtemps attiré l'attention des aéronautes, des photographes et des officiers du génie.

Nous empruntons à M. Louis Figuier (1) le récit de la première application de la photographie en ballon faite d'une manière très pratique devant Richmond :

« Au mois de mai 1862, l'armée unioniste, campée devant Richmond, lança au-

(1) *Les aérostats*, Jouvet et C^{ie}

dessus de la place un ballon captif. Un appareil photographique fut dirigé vers la terre et permit de prendre en perspective sur une carte tout le terrain de Richmond à Manchester à l'ouest, et à Chikahominy à l'est. La rivière qui arrose la capitale, les cours d'eau, les chemins de fer, les chemins de traverse, les marais, les bois de pins, etc, furent tracés : on y porta aussi la disposition des troupes ; batteries d'artillerie, infanterie et cavalerie. On tira deux exemplaires de cette carte. On la divisa en 64 parties, comme un champ de bataille, avec les signes conventionnels A, A², etc. Le général Mac-Clellan eut un de ces exemplaires, le conducteur de ballon eut l'autre. Le 1^{er} juin, l'aérostat s'éleva à une hauteur de plus de mille pieds, (333 mètres) au-dessus du champ de bataille, et se mit en relation avec le quartier général par un fil télégraphique. Pendant une heure les mouvements de l'ennemi furent signalés avec exactitude. Une demi-heure plus tard, la dépêche porta : *Sortie de la division Cadeys*.

« Mac-Clellan put, en un instant, donner ordre d'avancer au général Heinsselman, et prescrivit au général Summer, qui était déjà au delà de Chikahominy de marcher tout de suite sur la petite rivière. Les deux divisions purent, en deux heures de temps, être réunies en face de l'ennemi et défendre le champ de bataille à la baïonnette. Partout où les assiégés hasardèrent une attaque, ils furent repoussés avec une perte considérable. C'est en vain que l'on dirigea contre le ballon un canon rayé, d'une énorme portée. Le ballon fut descendu à terre, lancé dans une autre direction et assez haut pour être hors de la portée des pièces ennemies. Il fut mis de nouveau en communication avec la terre ferme, et l'armée assiégante eut avis que de fortes masses de troupes accouraient sur le champ de bataille dans une autre direction. Dès qu'elles furent arrivées à la portée du canon des fédéraux, ces troupes se virent prévenues et attaquées avec une

rapidité qui dut leur paraître inconcevable.

« Le général Mac Clellan n'eût pas obtenu un succès aussi complet dans le secours du ballon et de l'appareil dont il était muni. »

Dès 1858, M. Nadar a essayé à plusieurs reprises de faire des photographies en ballon, il a obtenu des résultats encourageants dans la nacelle du ballon captif de M. Giffard (n° 831). L'appareil photographique se trouvait suspendu à 200 mètres à l'extrémité du câble, mais la netteté de l'épreuve laissait à désirer. M. Dagron réussit à prendre le panorama de Paris dans la nacelle du ballon captif de 1878, à 500 mètres d'altitude.

Mais en principe, les études faites pour obtenir des résultats satisfaisants au moyen de levers de ce genre ne peuvent réussir avec des ballons captifs, qui opèrent à une hauteur trop petite, et qui sont sujets à des mouvements de tangage et à des oscillations brusques, ne permettant pas en général une stabilité suffisante.

Cependant lorsqu'on n'a pas besoin d'obtenir des levers d'une exactitude bien rigoureuse, mais de simples images en perspective, la photographie peut trouver un emploi avantageux avec ces ballons.

895. Avec ballons libres. — Mais il est préférable, dans tous les cas d'opérer à l'aide de *ballons libres*. Le 14 juin 1880, M. Paul Desmarests exécuta, dans la nacelle du ballon *Gabriel*, un lever photographique comprenant une partie des environs de Rouen sur une étendue de 900 mètres carrés à une hauteur d'environ 1.160 mètres et à l'échelle approximative de 1/4000. Pour ce lever, l'appareil était disposé verticalement ; dans une seconde expérience (panorama de Rouen), il fut placé horizontalement. La reproduction fut suffisamment nette et exacte. Une disposition particulière, combinée spécialement pour ce cas, permettait de

régler le mécanisme de telle sorte que l'on pouvait à volonté faire durer l'opération depuis une fraction de seconde jusqu'au nombre de minutes que l'on désirait. La durée de l'exposition fut de $1/20$ de seconde, avec une vitesse de 6 à 7 mètres pour le ballon par seconde, de sorte que pendant le $1/20$ de seconde, le ballon parcourut environ $0^m,35$. A la hauteur de 1,100 mètres, l'angle est si petit que le mouvement l'appareil n'est pas appréciable.

M. Desmarets s'est occupé de perfectionner son appareil et de faire des levés du même genre avec des ballons captifs. Nous ne connaissons pas les résultats obtenus.

A une époque plus rapprochée, de nouveaux essais ont été entrepris en Amérique au moyen de ballons libres, avec un procédé qui, tout en réalisant des progrès, manque encore de netteté. Au contraire, on a pu remarquer à la dernière exposition photographique de Londres,

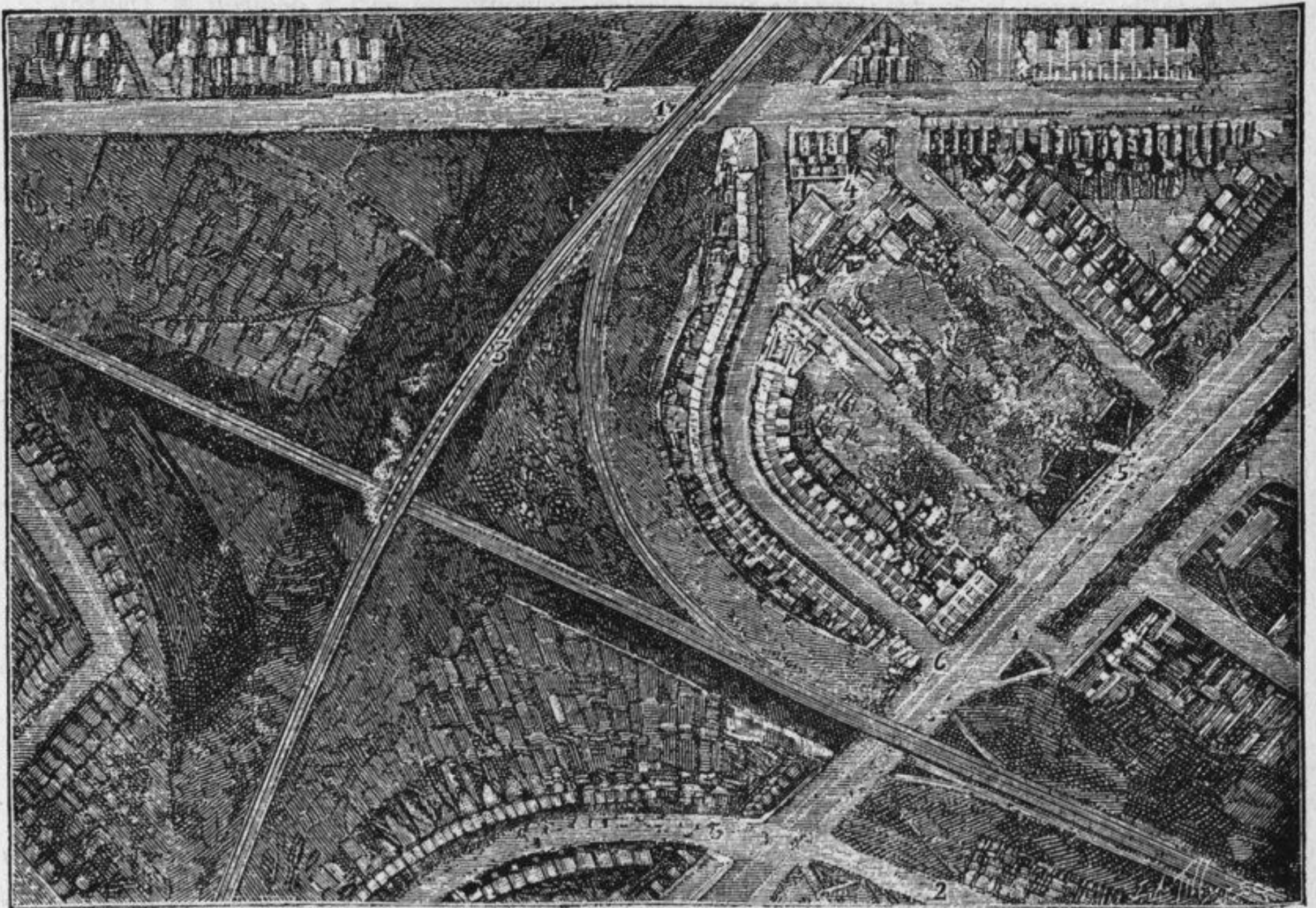


Fig. 418.

une magnifique épreuve obtenue en ballon à une hauteur de 650 mètres environ par un habile opérateur anglais, M. Cecil V. Shadbolt.

Cette épreuve a été obtenue au moyen de procédés au gélatino-bromure, à l'aide d'un appareil fixé sur le bord de la nacelle par une sorte de charnière mobile.

Le même opérateur a fait cinq photographies à des hauteurs différentes, et il a toujours obtenu des épreuves d'une grande finesse.

De récentes expériences d'aérostation photographique ont été faites récemment par M. G. Tissandier avec la collaboration de M. Jacques Ducom, et ont

pe mis d'obtenir des résultats meilleurs encore. Un cliché fait au-dessus de Paris à 605 mètres d'altitude, est d'une netteté qui ne laisse rien à désirer comme le prouve la reproduction ci-jointe faite par l'héliogravure que nous empruntons à la *Nature* du 4 juillet 1885 (*fig. 418*).

L'ascension a été faite le 19 juin 1885. L'appareil photographique, disposé sur le bord de la nacelle de manière à pivoter sur un axe a été fixé verticalement, (*fig. 419*), se compose d'une chambre dite de touriste de 13/18, à soufflet tournant. L'objectif était

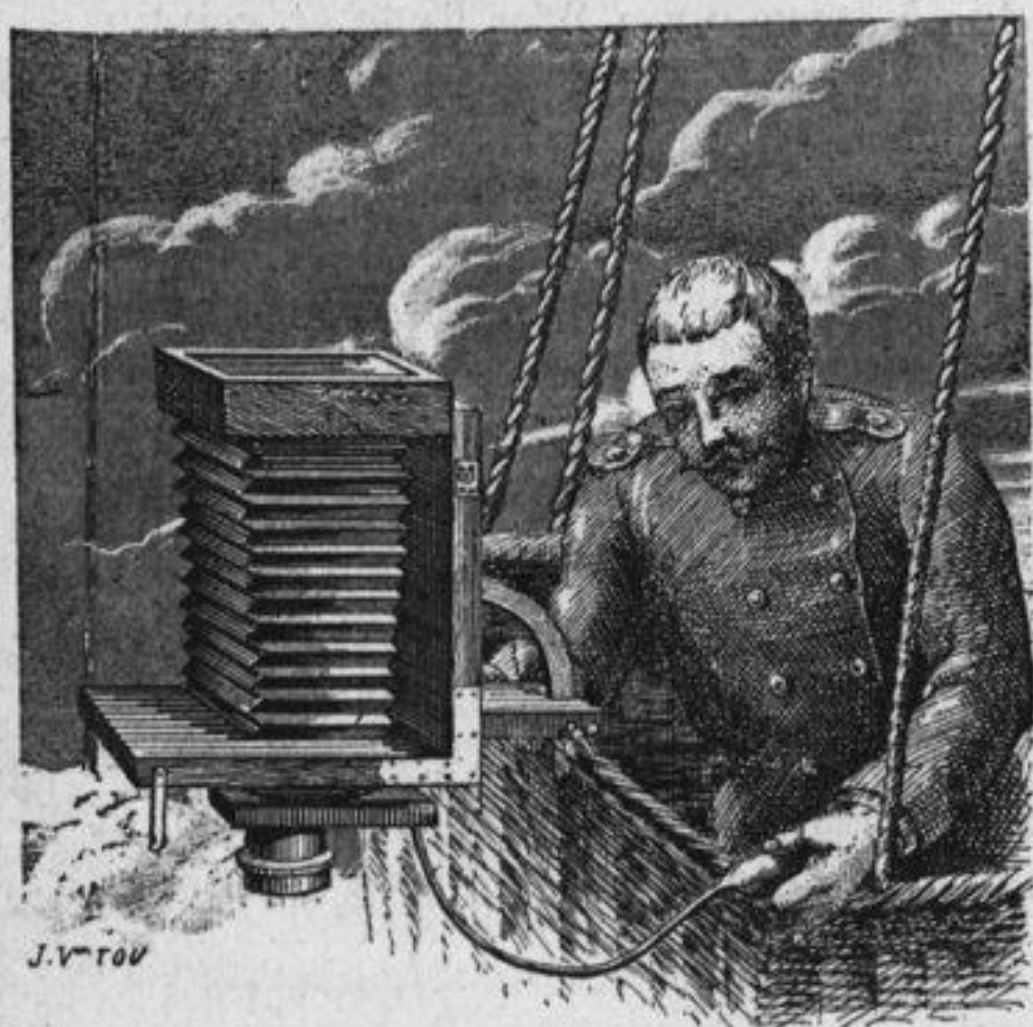


Fig. 419.

un rectiligne rapide n°4, de M. Français, de 0^m136 de foyer, cet objectif a été employé avec un diaphragme de 0^m,26, son ouverture étant de 0^m,636. Les photographies ont été faites successivement avec un obturateur de M. Français et avec une guillotine à déclenchement pneumatique et à ressort de caoutchouc, construite spécialement. Avec ce dernier système, le temps de pose était de 1/50 de seconde, temps qu'il n'est pas nécessaire de réduire.

Pendant la traversée de Paris, d'Auteuil à la porte de Ménilmontant (de 1 heure 40 à 2 heures 12), cinq photographies ont pu être faites, toutes très nettes, ainsi que le prouve la figure 418, dont le cliché donne

à la loupe les détails les plus complets.

D'autres expériences ont été faites le 14 juillet 1885, par M. Pinard à Nantes, le 28 octobre 1885 par M. Wedel à Paris, et ont également donné de bons résultats, mais sans faire progresser la question.

En Angleterre, le major du génie Elleslade a obtenu à Chatham, en 1884, des résultats dignes d'être signalés. Il a élevé dans l'air des aérostats captifs non montés, munis de chambres photographiques automatiques. Dès que le ballon avait atteint une certaine hauteur, l'appareil fonctionnait et la plaque était impressionnée. Ces expériences auraient parfaitement réussi (1).

Des expériences de photographie en ballon libre ont eu lieu également le 10 septembre 1886 et aux manœuvres du 5^e corps en 1886. Des vues nombreuses ont été prises par M. le commandant Fribourg, chef de la photographie du service géographique de l'armée. Les épreuves étaient d'une netteté telle que l'on a pu obtenir de très belles épreuves amplifiées de plus de moitié.

L'appareil dont s'est servi M. le commandant Fribourg est une chambre en bois à tiroir tenue à la main, avec un œilletin et un guidon pour les visées. Au moment de prendre la vue, l'appareil tenu à la main était appuyé sur le bord de la nacelle et se trouvait avoir ainsi la fixité suffisante. L'obturateur est du système Thierry et Amey, l'objectif de Dallmeyer de 0^m,33 de distance focale. Les plaques employées sont des plaques de Pagett.

Avec plusieurs appareils dans la nacelle, on aurait une série continue de clichés, et l'on disposerait pour le levé d'un plan des documents topographiques d'une incomparable précision. Il ne serait pas impossible d'ailleurs d'établir des appareils da-

(1) Voir pour tout ce qui concerne cette question : *La photographie en ballon* par Gaston Tissandier. Paris, Gauthier-Villars, 1885.

noramiques spéciaux dont les résultats présenteraient encore un intérêt particulier.

896. Résumé. — Les expériences de M. Tissandier et les résultats qu'il a obtenus ont démontré qu'on peut obtenir en ballon des clichés photographiques aussi nets que ceux qu'on produit à terre. Les procédés instantanés au gélatino-bromure rendent d'ailleurs les opérations excessivement faciles. Grâce aux plaques extra-sensibles que l'on prépare aujourd'hui, grâce aux obturateurs rapides dont on peut disposer, nous croyons que la photographie aérostatique peut être appelée à un grand avenir. Elle donnera des plans qui dépasseront en précision, en netteté, les levés les plus minutieux ; elle sera d'un puissant concours à l'art militaire, puisqu'elle permettra de prendre sûrement le plan de forteresses ou de travaux ennemis. A 900 mètres d'altitude, un ballon n'a rien à craindre des feux de l'artillerie, et le photographe dans sa nacelle opérera aussi sûrement que dans son atelier.

Ce genre de levers rendrait surtout de précieux services dans la guerre de siège,

soit dans l'attaque, soit dans la défense, où l'on a souvent besoin d'être fixé exactement sur l'emplacement de certains travaux ou batteries. Des expériences de ce genre sont d'ailleurs comprises dans le programme de celles qui ont été prescrites en Allemagne au détachement d'aérostiers de Berlin.

Mais il ne faut pas songer à faire usage de la photographie dans la guerre de campagne, pour des reconnaissances ou des observations. En effet, il faut d'abord tirer une épreuve négative, qui doit être descendue à terre pour être fixée et rendue positive, tandis que l'observateur dans le ballon peut, à l'aide d'une bonne lunette, rendre compte instantanément, au moyen du téléphone, des mouvements ou des dispositions de l'ennemi.

En outre, les vues que l'on obtient par la photographie en ballon étant forcément perspectives, ne peuvent jamais donner la même précision que des cartes topographiques. Ces vues rendront de bons services surtout pour compléter des détails que ne donnent pas les cartes topographiques, et toujours avec le concours de ces dernières.

§ II. — LE TIR EN BALLON

897. Conditions. — Nous avons vu (n° 865) que l'on a cherché à diverses reprises à laisser tomber du haut des ballons des projectiles sur les forteresses ou les troupes ennemies. Les beaux résultats obtenus sur la direction des ballons ont fait reprendre la question des batteries aériennes, et ces deux questions sont pour ainsi dire connexes. Si, par exemple, l'on pouvait disposer d'un certain nombre d'aérostats dirigeables, rien n'empêcherait de les munir d'un projectile qui, sous un faible poids, posséderait une force explosive considérable. En laissant tomber ces obus-torpilles d'une grande hauteur, il

est certain que l'on pourrait obtenir des effets formidables, surtout dans l'attaque des places.

Il convient d'ajouter que, tant qu'on ne sera pas arrivé à diriger sûrement les aérostats vers un point déterminé, ce genre de torpille ne pourra guère avoir d'utilité pratique, et encore il y aura toujours une très grande difficulté matérielle à délester un ballon d'un poids relativement considérable, même si ce ballon est retenu captif.

898. Ballon torpille électrique. — Nous donnons ici, simplement à titre de renseignement, la description d'un *ballon torpille*

électrique dont ont parlé les journaux américains :

Un petit ballon, capable d'enlever un poids de 50 à 250 kilogrammes, porte au-dessous de lui un appareil très simple, appelé la *cartouche* et muni d'un crochet à chacune de ses deux extrémités; l'un d'eux est fixé au ballon, l'autre à une corde qui retient la torpille. Cette cartouche renferme une quantité de poudre suffisante pour couper, au moment où elle éclate, la corde qui retient la torpille, à l'instant précis où l'on veut la laisser tomber à terre. L'inflammation de la poudre a lieu par l'électricité, au moyen d'un petit fil de platine interposé à cet effet sur le trajet du courant. Les réophores consistent en deux petits fils, réunis ensemble et établissant la communication entre la cartouche et la pile; ces fils, enroulés sur une bobine, ont une longueur suffisante. Lorsque le ballon est en l'air, on le manœuvre depuis la terre, et au moment où il arrive au-dessus du point voulu, on fait passer le courant à travers les conducteurs, la cartouche fait explosion, et la torpille tombe.

C'est là, croyons-nous, un procédé peu pratique et dont l'expérience à la guerre pourrait seule démontrer la valeur.

Nous n'avons pas à rechercher ici quelles seraient les conséquences de la direction des ballons au point de vue de la guerre aérienne de l'avenir, car dans ce cas on aurait des batailles aériennes comme on a des batailles navales, mais nous voulons simplement indiquer en passant que l'on ne manquera pas de chercher à tirer tout le parti possible des progrès que l'on fera en aérostatique.

Nous examinerons plus loin les effets du tir dirigé contre les ballons.

899. *Dynamiteuse des airs.* — On a fait depuis quelque temps tant de bruit autour d'une montgolfière que son inventeur, M. Eugène Godard, a appelée la *Dynamiteuse des airs*, que nous croyons devoir en dire quelques mots ici.

Cet aérostat, en soie vernissée, a 27 mètres de hauteur et 25 mètres de diamètre; il cube 5.000 mètres, soit dix fois plus que les ballons captifs de Meudon.

Au centre d'une nacelle circulaire se trouve un fourneau cylindrique de 2 à 3 mètres de hauteur, dont la cheminée pénètre dans l'ouverture de l'aérostat, ouverture qui a 2^m, 50 de diamètre. Le fourneau est alimenté par de la paille; pour éviter les risques d'incendie, l'orifice de la cheminée est garni d'un treillis de fer. Le poids de ce fourneau est de 220 kilogrammes; le poids total du ballon emportant deux voyageurs s'élève à 1.000 kilogrammes environ. L'appareil avec ses accessoires ne coûte pas moins de 30.000 francs.

Ce ballon militaire, à air dilaté surchauffé et à détente variable, serait destiné aux reconnaissances et aux bombardements des villes assiégées. Muni d'un vaste parachute équatorial de l'invention de l'aéronaute, il est à l'abri de toute explosion ou inflammation et peut recevoir dans ses flancs plusieurs projectiles sans que les trous béants causés par leur passage soient une cause de chute, grâce au générateur qui permet à l'aéronaute de suppléer largement à la déperdition de la force ascensionnelle dont il est toujours maître.

M. Godard estime qu'aucune place de guerre ne pourrait résister au bombardement d'une flotte aérienne construite sur le modèle de la *dynamiteuse*, qui peut emporter plusieurs milliers de kilogrammes de projectiles ou tout autre engin de destruction, qu'elle laisserait tomber au moment convenable sur les villes qu'elle traverserait.

Mais il faudrait d'abord être sûr de pouvoir diriger l'aérostat au-dessus des points à bombarder et en outre savoir si la *dynamiteuse* répond bien aux conditions qu'en espère l'inventeur.

Une première expérience permet d'en douter.

CHAPITRE VIII

ROLE DES BALLONS A LA GUERRE

900. *Espèces de services.* — Les données précédentes nous permettront de déterminer nettement la nature des services que les ballons peuvent être appelés à rendre aux armées, et les conditions pratiques de leur emploi, conditions qui sont bien différentes suivant qu'il s'agit de la guerre de siège ou de la guerre de campagne.

Il y a naturellement des difficultés et des inconvénients d'un genre spécial qui ont jusqu'à présent empêché d'employer les aérostats comme on aurait pu le faire, mais les projets réalisés et les études méthodiques aux quelles on se livre portent à croire que, dans une prochaine guerre, on saura tirer de ces engins tout le parti qu'ils comportent.

§ I. — GUERRE DE SIÈGE

901. *UTILITÉ.* — La plupart des objections faites à l'emploi militaire des aérostats ne s'appliquent nullement à la guerre de siège où, aussi bien dans l'attaque que dans la défense, ils peuvent rendre des services que personne ne songe à contester.

Aux deux adversaires, ils permettent d'abord d'observer les préparatifs et les dispositions de l'ennemi, et, par suite, de prendre à temps toutes les dispositions nécessaires pour y obvier; ensuite à observer les coups, car il sera fait souvent usage du tir indirect. Tous deux seront forcés d'exercer la surveillance la plus active, pour faire payer cher à l'adversaire la moindre négligence ou toute fausse manœuvre; les tâtonnements seront moins longs et les hypothèses moins vagues, de sorte que l'action peut

s'engager plus vivement et prendre une tournure plus active que par le passé!

L'assiégé peut en outre se servir des ballons comme moyen de communication avec l'extérieur, comme nous allons l'indiquer.

902. *Comme moyen de communication.* — Nous avons indiqué comment, pendant le siège de Paris, la capitale a pu donner constamment de ses nouvelles au moyen de ballons libres, et en recevoir au moyen de pigeons voyageurs. Les services rendus alors furent loin d'être aussi grands et aussi précieux qu'ils auraient pu l'être, si l'on avait disposé d'un personnel expérimenté et des ressources nécessaires, et l'on reconnut alors qu'une organisation de ce genre ne peut s'improviser. On se rendit compte également de l'avantage qu'il y aurait de conserver des communications

sûres et à peu près régulières avec le reste du pays au moyen de ballons dirigeables, et c'est depuis qu'on a poussé les études dans ce sens au point de les faire aboutir.

Aujourd'hui, en effet, on peut considérer le problème comme résolu, car en admettant que la violence des vents empêche d'envoyer un aérostat à jour fixe, on arrivera au moins la moitié du temps à diriger un ballon dans la ville investie, et alors tout le monde recevra des nouvelles; les militaires seront à même de se concerter pour des opérations combinées, puisque des officiers pourront entrer ou sortir, pour donner ou recevoir les instructions les plus complètes et les plus détaillées. Rien n'empêchera non plus de pourvoir par ce moyen la place des choses les plus essentielles qui pourraient lui faire défaut, ou de faire entre l'intérieur et l'extérieur l'échange de certains personnages politiques ou militaires en mesure d'exercer une influence sur la suite des événements.

Sans doute il ne faut pas songer de sitôt à donner aux aérostats des vitesses leur permettant de remonter les courants d'air de tempête ou de grand vent. Avec la vitesse de 20 à 30 kilomètres à l'heure que l'on a réalisée, on peut réussir la plupart du temps à sortir dans la direction voulue, en choisissant les jours convenables. Sur la mer, les navires seraient bien heureux de trouver des abris lorsque la mer est mauvaise, et ceux qui le peuvent ne manquent pas d'y avoir recours. En guerre, on ne se bat pas tous les jours et, par suite, on n'a pas besoin tous les jours d'être renseigné sur ce que fait l'ennemi.

A la rigueur, en sachant utiliser convenablement les directions variables des courants aux différentes hauteurs, on pourrait arriver quelquefois à faire tomber un ballon dans une place investie d'un grand périmètre. Mais c'est là un moyen très incertain et fort précaire, auquel il ne faudra avoir recours qu'à

défaut de ballon dirigeable, et lorsqu'on se trouvera dans des conditions convenables pour essayer ce genre d'opération.

On peut encore, à défaut d'autre ressource, utiliser les ballons captifs pour assurer un moyen de correspondance indirecte à de grandes distances, en les organisant pour la *télégraphie aérienne* ou *optique*. On a fait peu d'expériences en ce sens. Le seul essai sérieux en ce genre a été effectué à l'occasion des travaux nécessités pour la triangulation entre l'Algérie et l'Espagne; il paraît justifier les plus légitimes espérances, mais les détails publiés à ce sujet ne sont pas suffisants pour permettre de se prononcer en connaissance de cause. Tant que ces expériences seront faites uniquement par les établissements militaires, les résultats en seront tenus secrets, et chaque État en sera réduit à se contenter de ceux qu'il a obtenus, sans pouvoir comparer et tenir compte des résultats constatés ailleurs. À l'aide de miroirs, de corps éclairants, de ballonnets de diverses couleurs, etc., il n'est pas difficile d'obtenir autrement un système de correspondance optique.

Nous avons vu (n° 620) que les communications par la télégraphie optique sont assurées d'une manière absolue par divers procédés ou dispositifs installés dès à présent partout où il en est besoin.

En outre, les ballons dirigeables viendront heureusement compléter les moyens connus. Ce n'est donc qu'à défaut d'autres ressources que l'on chercherait à y suppléer au moyen de ballons captifs, qui sont plus exposés à être détruits par les projectiles ennemis que des ballons libres.

903. Comme moyen d'observation. —

Il est évident que, dans ce cas, il faut n'être gêné ni par le vent ni par le brouillard, et qu'il faut par suite saisir les temps convenables. Ainsi, au siège de Paris, on chercha, à partir du 17 septembre 1870, à signaler par des ballons l'arrivée de l'ennemi, et l'on établit dans ce but quatre aérostats aux environs de

Bicêtre. Mais le vent et le brouillard empêchèrent d'observer les détails et firent renoncer à ce moyen de reconnaissance. Il convient d'ajouter qu'on est mieux armé contre le vent actuellement qu'à cette époque.

Tir contre les ballons.

904. Mousqueterie. — En outre, les ballons doivent se trouver à une distance ou à une hauteur qui empêche l'ennemi

de les atteindre par ses projectiles. Il n'y a aucune prescription particulière à donner à ce sujet à l'assiégeant qui, disposant de l'espace nécessaire pour se mettre hors de portée des coups, peut agir avec ses ballons comme en rase campagne. Cependant, en restant trop éloigné des objets à observer, on risque de ne pouvoir les distinguer suffisamment.

Mais il n'en est pas de même dans une place assiégée, où il faudra calculer pour chaque cas la distance à laquelle le ballon

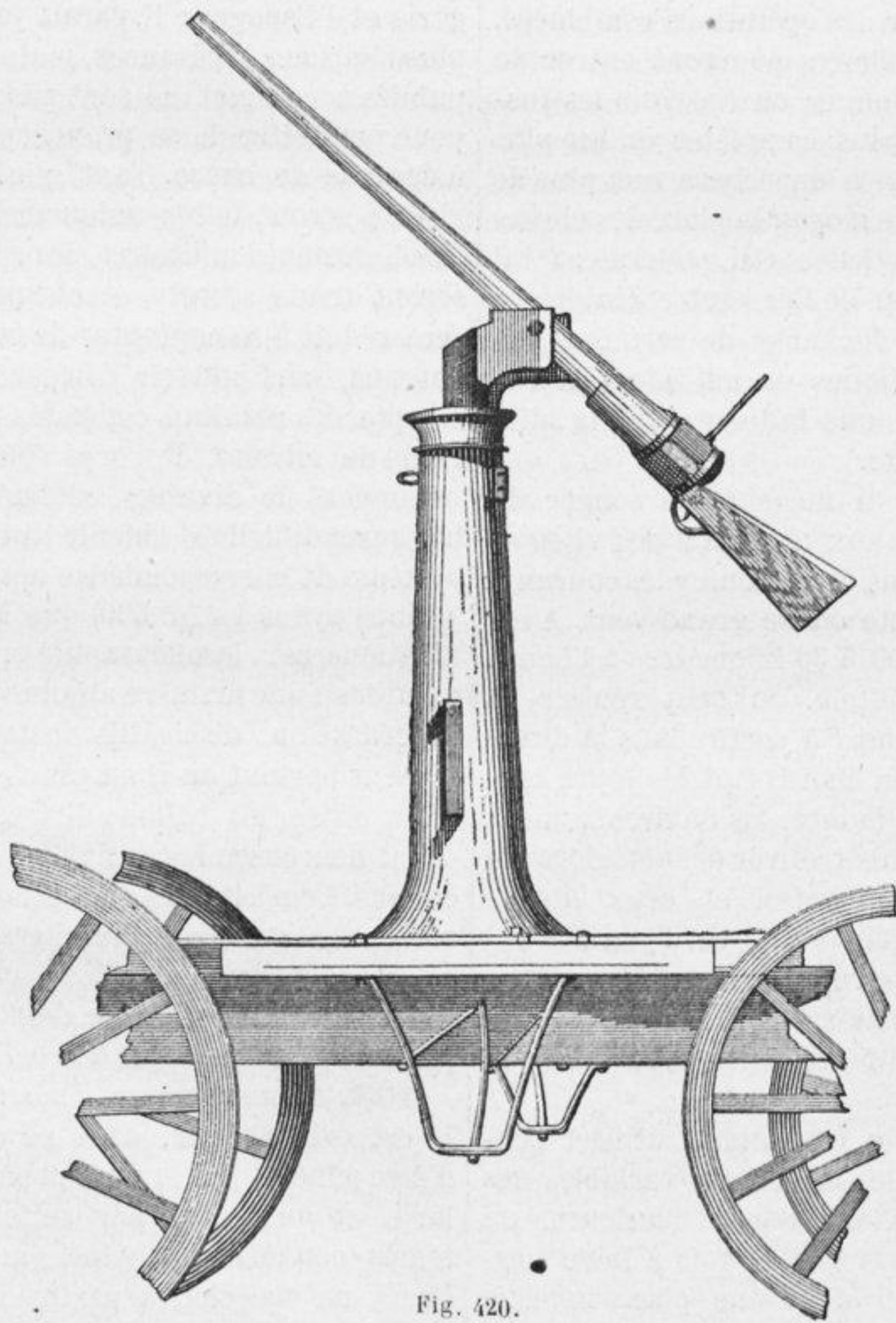


Fig. 420.

devra se tenir des batteries ennemies, en tenant compte du genre de pièces dont celles-ci sont armées.

On a fait à Tours, en 1870, des expériences à hauteur à laquelle un aérostat se trouve à l'abri de la mousqueterie. Un

ballon captif planant à 400 mètres fut atteint de onze balles en moins de 5 minutes, tandis qu'à 500 mètres, il ne fut pas touché avec des chassepots.

D'un autre côté, les Allemands, pour empêcher en 1870, la sortie des aérostats de Paris pendant le siège, se servirent d'un *mousquet à ballons* inventé par M. Krupp. Ce mousquet (*fig. 420*) est formé d'un fort canon métallique, muni d'une crosse et d'une hausse. Le canon de l'arme peut osciller dans le sens de la verticale, autour d'un axe monté lui-même sur un genou, qui lui permet de tourner horizontalement et de pouvoir ainsi se diriger comme une lunette vers tous les points du ciel. L'appareil, monté sur un cylindre en bronze, était solidement fixé à un léger chariot à quatre roues traîné par deux chevaux et sur lequel un artilleur trouvait place.

Un de ces chariots était toujours attelé et prêt à se diriger au point où les indications de vedettes, transmises par le télégraphe, déterminaient la direction suivie par les aérostats. Un de ces aérostats, le *Daguerre*, fut traversé, le 12 novembre, par plusieurs balles qui le forcèrent d'atterrir à Ferrières, où il tomba entre les mains de l'ennemi. Plus d'une fois les balles sifflèrent aux oreilles des aéronautes, même à une hauteur de 800 à 1,000 mètres.

La hauteur plus grande ainsi obtenue tient d'abord à la portée plus considérable du mousquet, et ensuite à ce qu'à Tours le tir était vertical. Il serait même bon de connaître exactement la portée de la verticale du mousquet à ballons pour être fixé à ce sujet. Néanmoins il résulte des expériences faites que, à partir de 500 mètres d'altitude environ, un ballon n'a rien à craindre des fusils ordinaires; il faut déjà des armes d'une portée plus grande.

Mais, avec les nouveaux fusils à petit calibre qui ont une trajectoire plus tendue et une portée plus grande, on peut arriver

à des résultats généraux beaucoup meilleurs, d'après une étude faite sur ce genre de tir par M. le capitaine Dufaux (1) et dont nous croyons devoir reproduire les conclusions :

« En résumé, lorsque la direction du ballon fera un angle de moins de 10° avec la verticale, c'est-à-dire de 90° à 80° avec l'horizon, la hausse de 200 mètres permettra toujours d'atteindre le ballon, si sa distance est comprise dans les limites d'un tir efficace.

« Si la direction dans laquelle se trouve le ballon fait avec l'horizon un angle compris entre 80° et 70° , on pourra toujours atteindre le ballon :

« Avec la hausse de 200 mètres, si sa distance à vol d'oiseau est inférieure à 500 mètres ;

« Avec la hausse de 300 mètres, si cette distance est estimée entre 500 et 800 mètres. On pourrait même à la rigueur employer dans les deux cas la hausse de 300 mètres, mais le tir serait alors un peu moins précis.

« Lorsque la direction dans laquelle se trouve le ballon fait avec l'horizon un angle compris entre 70° et 60° , prendre deux hausses : la première fixée d'après le principe que la portée est doublée, c'est-à-dire prendre la moitié de la distance estimée à vue ; la dernière hausse, 100 mètres au-dessus de la première.

« Si la direction dans laquelle se trouve le ballon fait avec l'horizon un angle compris entre 60° et 50° , il y a lieu de prendre deux hausses : la première déterminée par les deux tiers de la distance estimée, la seconde 50 à 100 mètres au-dessus de la première.

« Si cette direction fait avec l'horizon un angle compris entre 50° et 40° , la première hausse est déterminée par les $\frac{4}{5}$ de la distance, la seconde à 50 mètres au-dessus de la première.

(1) *Tir contre les ballons*, par DUFAUX, capitaine au 83^e régiment d'Infanterie. Paris, Baudoin.

« Pour un angle compris entre 40° et 30° , il y a lieu de déterminer la hausse-base, en diminuant d'un dixième la distance estimée.

« Pour ce cas et les suivants, les zones dangereuses n'étant pas beaucoup plus grandes que celles obtenues sur une ligne de mire horizontale, il sera nécessaire, pour atténuer les erreurs dans l'estimation de la distance à vue, d'employer plusieurs hausses.

« Si la direction dans laquelle se trouve le ballon fait avec l'horizon un angle compris entre 30° et 20° , on aura la hausse-base en diminuant de 40 mètres la distance estimée.

« Pour un angle inférieur à 20° , on fixera les hausses comme pour le tir sur une ligne de mire horizontale.

« Ainsi, le tir contre les ballons, qui, au premier abord paraît peu pratique, devient, à l'aide de ces quelques indications, plus facile que le tir ordinaire; car, à cause de la forte tension des trajectoires sur les lignes inclinées au-dessus de l'horizon, il n'est pas nécessaire d'apprécier aussi exactement les distances que dans le cas du tir sur un terrain horizontal.

« Il faut simplement, en plus, mesurer à 10° près l'angle que fait avec l'horizon la direction dans laquelle se trouve le ballon; mais cette mesure ne présente aucune difficulté. »

905. *Avec les canons.* — En ce qui concerne l'effet des canons nous avons vu (n° 883) que, en Allemagne après quelques coups, un ballon placé à 400 mètres de hauteur avait été percé en plusieurs endroits. De même en Angleterre (n° 886) deux coups tirés à shrapnels sur un aérostat situé à 200 mètres de hauteur et à 1.780 mètres de distance suffirent pour le faire descendre.

Une autre expérience a été faite à Woolwich en février 1881. Un ballon captif fut lancé et maintenu à une distance d'environ 1.850 mètres et à une hau-

teur de 250 mètres d'une batterie de pièces de 13 livres. Pour se placer dans les mêmes conditions que dans la réalité, les canons durent tirer sur le ballon en appréciant la distance, qui est plus difficile pour un corps flottant en l'air, car on n'a pas les objets environnants pour servir de point de comparaison. Un premier coup, tiré absolument au hasard, n'eut aucun succès; mais dès le deuxième, le tir avait été suffisamment réglé pour que le projectile éclatât assez près du ballon pour envoyer des éclats dans l'enveloppe, qui fut percée en plusieurs endroits.

Mais ces quelques expériences ne permettent pas de tirer des conclusions pratiques sur le point important de savoir jusqu'à quelle distance, avec une hauteur donnée, on peut s'approcher sans danger d'une batterie ennemie, suivant la nature des canons et l'espèce des ballons. Pour obtenir des expériences concluantes, il faudrait les faire dans des conditions se rapprochant le plus possible de celles qu'on rencontrerait à la guerre, c'est-à-dire ne connaissant ni la hauteur ni la distance du ballon.

Les points intéressants à connaître paraissent être les suivants :

1° Quelles conséquences a pour le ballon l'atteinte d'un projectile ?

Un projectile explosif éclatant en avant ou à l'intérieur du ballon, amènera vivement son dégonflement et sa chute rapide. Mais un projectile plein, tout en pratiquant deux ouvertures suffisantes pour vider promptement le ballon, laissera souvent à celui-ci des chances de ne descendre qu'assez lentement.

2° Le gaz du ballon peut-il être enflammé par le projectile qui perce l'enveloppe ?

Cela dépend de la nature du gaz; avec du gaz hydrogène pur, l'inflammation n'entraînerait pas d'explosion. Mais, surtout avec les ballons captifs qui peuvent rester gonflés un certain temps, il existera des pertes de gaz, et le vide sera rempli

en partie par de l'air qui se mélangera au gaz ; il reste à déterminer quelle proportion d'air peut contenir le gaz hydrogène sans que le mélange fasse explosion. Il serait facile, après des expériences préliminaires de laboratoire, de faire des expériences concluantes sur des ballonnets de faible volume et peu coûteux.

3° Quels sont les moyens pratiques d'obtenir une grande précision du tir ?

Pour cela, il faut faire un nombre suffisant d'expériences aussi pratiques que possibles, dans les conditions les plus variées. Les calculs faits pour essayer d'obtenir le degré d'atteinte dans des conditions et avec une pièce déterminées, sont sujets à des causes d'erreur telles, par suite de divers facteurs, que l'on ne doit en considérer les résultats que comme des hypothèses.

Cependant avec la portée et la précision actuelle des canons, il ne paraît pas exagéré d'admettre qu'un aérostat doit rester à 3.000 mètres de l'adversaire et à une hauteur de 300 mètres, tant pour ne pas être gêné par son feu, que pour ne pas être surpris.

906. Expériences faites en Allemagne.

— On a même admis en Allemagne (1) que l'artillerie aurait à compter avec des distances variant entre 4.000 et 6.000 mètres et des altitudes variant entre 200 et 500 mètres. Il faut par suite employer des pièces à grande portée, ayant une trajectoire rasante. D'un autre côté, les ballons captifs étant soumis à de fortes oscillations, il est nécessaire de se servir d'une pièce aussi légère et aussi mobile que possible. Les pièces de campagne conviennent donc parfaitement, et au besoin, dans certains cas spéciaux, on aurait recours aux canons lourds de 12^{cm}.

Comme projectile, on ne peut songer

aux obus, car il n'est pas possible en pareil cas de corriger la trajectoire. Le shrapnel (boîte à mitraille), à fusée fusante, reste seul désigné pour ce genre de tir, car on peut observer son point d'éclatement dans l'air et, à l'aide du procédé indiqué plus loin, s'en servir pour déterminer la position du ballon. Ce projectile doit faire explosion devant le ballon, afin de mettre en danger le ballon et les aéronautes par ses nombreux éclats ou projectiles.

Les moyens d'appréciation directs de la distance du ballon sont fort difficiles et insuffisants. On peut, il est vrai, toujours déterminer cette distance en recoupant le but de deux stations munies de plans bien orientés. Mais comme il est rare que l'on puisse disposer de plans de ce genre, il y a eu lieu de préférer à ce procédé tout autre

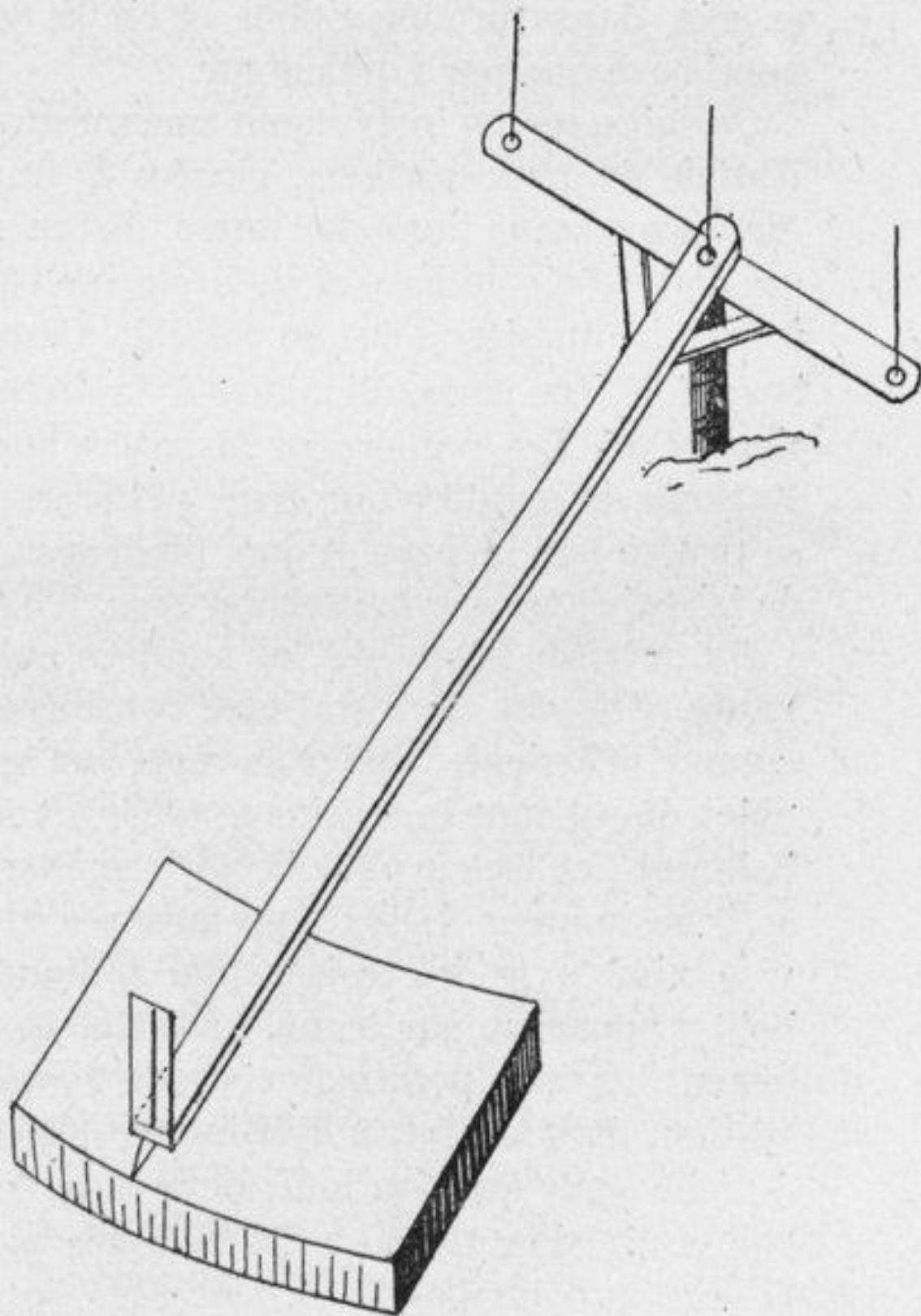


Fig. 421.

qui, avec un appareil simple, donne un résultat approximatif suffisant.

(1) Ce qui concerne le procédé de tir contre les ballons captifs au moyen de la règle de batterie est extrait d'un article des « *Neue militärische Blätter* », livraison de septembre 1886. Le consulter au besoin pour plus de détails.

L'emploi de la règle de batterie (espèce de télémètre) permet d'avoir recours à un procédé de ce genre. Cet instrument est une simple règle en bois (*fig. 421*) sur le devant de laquelle est fixée verticalement une tige en acier ; en arrière se trouve, disposée de la même manière, une petite plaque de fer percée d'une fente munie d'un crin de cheval. En avant, la règle repose sur un pivot ; son extrémité d'arrière se termine par une pointe, que l'on fait mouvoir sur une division en degrés, marquée sur la tranche postérieure d'une planchette disposée horizontalement. La division est faite en seizièmes de degrés, division qui correspond à celle de l'appareil de pointage des pièces.

L'emploi de la règle s'explique par la construction : on amène le but, la tige et le crin dans un même plan et on lit le nombre donné par l'indicateur.

On fait avec cet instrument une mesure d'angle de deux stations, placées à une distance connue l'une de l'autre, distance qui doit servir de base et qu'il y a intérêt à prendre aussi grande que possible. Cette base doit être perpendiculaire à la direction du tir. Les règles sont disposées aux stations de manière que leur planchette se trouve sur la base et que l'indicateur de la règle joue sur la division *zéro*.

On procède alors de la manière suivante. Une des deux stations, considérée comme principale, dirige sa règle sur un objet du sol dans le voisinage apparent du ballon et l'on fixe la planchette de manière qu'il reste assez de jeu pour mesurer. On vise alors avec les trois points indiqués l'objet apparent, sur lequel on dirige également les trois points de visée de l'autre station, dont on fixe la division en degrés de telle sorte que son indicateur s'arrête sur la division qui lui a été indiquée par la station principale.

Le ballon est recoupé par les deux stations aussi simultanément que possible, pour que les oscillations du ballon ne soient pas une cause d'erreur dans le cas

où les deux stations n'auraient pas opéré en même temps. La différence d'angle des deux stations donne la grandeur de l'angle mesuré. Ainsi, la station de droite ayant donné un angle de $+24$ et celle de gauche de -16 , l'angle mesuré sera de $40/16$ de degré ; de même, si les deux stations ont donné comme mesures $+50$ et -14 , l'angle sera de $36/16$ de degré. En cherchant dans les tables de mesure des angles qui font partie des tables de tir, on trouve avec l'angle indiqué la distance cherchée.

Mais il reste à observer les coups, ce qui n'est pas facile dans le cas de ballons captifs, dont on ne pourra pas s'approcher à plus de 3.000 ou 4.000 mètres. Un procédé général à appliquer pour ce cas consiste encore dans une mesure d'angles à l'aide de la règle de batterie. Nous nous bornerons à poser ici le principe qui résulte des expériences faites, et qu'il serait trop long d'expliquer ici. Ce principe est le suivant :

Si la règle de droite donne un écart plus grand que celle de gauche, le coup est long ; dans le cas contraire, le coup est court. Lorsque les deux mesures sont sensiblement égales, le coup est arrivé dans le voisinage du but.

Il est préférable de combiner à chaque station la mesure de l'angle du ballon avec celle de l'angle du point où le projectile éclate. Dans ce cas, il faut deux règles à chaque station et au moment de l'explosion du projectile, on recoupe en même temps le ballon et le point d'explosion.

Ce procédé peut naturellement donner des résultats très inégaux ; il exige une grande habileté de la part des opérateurs et n'admet pas de longs tâtonnements dans le tir. Il a été employé au polygone de Kummersdorff par l'école de tir d'artillerie contre deux ballons captifs de détachement d'aérostiers. Ces ballons, distants de 5.000 mètres, planaient à une hauteur variant entre 100 et 250 mètres. Le premier fut atteint au bout d'un quart d'heure avec 10 shrapnels, le second en une demi-

heure avec 26. Chaque ballon était percé de 20 à 30 trous, dont plusieurs de grandeur sérieuse, que la fuite du gaz avait contribué à agrandir.

On se propose de faire en France au camp de Châlons des expériences de tir complètes sur des aérostats militaires, captifs ou libres.

907. Tir contre les ballons libres. — Quant aux ballons libres, il ne reste guère d'autre moyen d'en empêcher l'action que de leur donner la chasse, car ce serait un vrai hasard de les atteindre avec de l'artillerie placée à terre. On pourrait donc les combattre soit avec des ballons libres, soit avec des ballons captifs. Nous avons déjà parlé et nous reviendrons encore sur ce que serait la course de ballons se poursuivant. Pour agir efficacement contre les ballons libres, on a proposé également de se servir de ballons captifs, dont on tiendrait un certain nombre toujours prêts. Dès qu'on apercevrait un ballon libre de l'adversaire, les ballons captifs les plus voisins le poursuivraient, pourraient s'en approcher d'assez près pour le canonner à coup sûr. Ce serait un combat d'un nouveau genre, un combat aérien, car rien n'empêcherait les ballons libres d'être pourvus d'armes défensives suffisantes pour démonter leurs adversaires. Ce moyen, qui ne pourrait d'ailleurs s'appliquer que dans le cas d'un siège, exigerait de grands préparatifs pour un résultat bien aléatoire, et des propositions de ce genre auraient besoin d'être sanctionnées par l'expérience.

Nous ne ferons, pour la même raison, que signaler la proposition de remplacer les projectiles ordinaires par des projectiles incendiaires qui enflammeraient le gaz et feraient sauter les ballons.

Enfin, aujourd'hui que les canons de forteresse portent à trois lieues, il est impossible, avec des yeux ou des lunettes, de voir ce qui se passe à cette distance. Des ballons peuvent, dans ce cas, servir à diriger les coups avec une précision redoutable.

En outre, maintenant que le tir indirect est le plus généralement employé, les ballons pourront servir d'observation pour indiquer où portent les coups et faire rectifier le tir.

908. Signaux. — On a fait en France, à diverses reprises, des expériences au moyen de signaux de couleurs, de poudres colorées lancées de la nacelle et formant un nuage artificiel, soit pour communiquer avec la terre, soit pour masquer l'aérostat.

M. Godard a inventé le système suivant, très simple et permettant un travail rapide : de petits ballons captifs portent des cylindres qui peuvent être agrandis ou diminués au moyen de l'électricité, en même temps que des lumières électriques avec miroirs paraboliques servent de signaux. Ce système aurait donné de bons résultats pendant le siège de Paris.

L'Allemagne a employé avec succès (n° 883) la lumière électrique pour observer la nuit et envoyer à terre le résultat de ces observations.

L'école des signaux militaires d'Aldershot (Angleterre) vient d'entreprendre des expériences avec un ballon lumineux imaginé par M. Eric Bruce et destiné à la transmission des signaux.

Le ballon contient de 113 à 141 mètres cubes de gaz et six lampes à incandescence, donnant chacune quinze bougies dans les circonstances ordinaires, mais capables de fournir au besoin une intensité plus grande.

Ces lampes sont alimentées par une batterie de vingt-cinq éléments, et l'on se sert d'une clef télégraphique pour ouvrir et fermer le circuit, afin d'allumer ou d'éteindre les lampes, pour reproduire de cette façon les signaux de l'alphabet Morse.

A Aldershot, le ballon s'est élevé à une hauteur de 300 mètres, et les observateurs pouvaient lire les dépêches envoyées à une distance de plusieurs kilomètres.

Les réponses étaient transmises au moyen de la lumière Drummond. On a

fait récemment, à Paris, d'intéressantes expériences de télégraphie avec des ballons la nuit.

Un ballon captif, tenu à une hauteur de 30 mètres, et gonflé à l'hydrogène pur, contenait à l'intérieur une lampe à incandescence Swann. Cette lampe installée de telle sorte qu'aucun accident pouvant provenir de l'inflammation du gaz n'est à craindre, communiquait au moyen d'un fil conducteur avec une pile Jablochkoff, qui en campagne, serait placée au poste dont dépendrait le ballon. Les signaux,

produits par une intermittence de lumière, ont été transmis avec une régularité parfaite. La projection lumineuse du ballon s'étendait sur un rayon de plus de 100 mètres, c'est-à-dire que l'intensité lumineuse était assez grande pour que les signaux fussent perçus à de grandes distances. Ces expériences faites à de petites distances seront renouvelées aux plus grandes distances. Mais le moyen le plus simple, quand on pourra y avoir recours, de communiquer de jour comme de nuit, sera l'emploi du téléphone.

§ II. — GUERRE DE CAMPAGNE.

909. Genre d'emploi. — Pour la guerre de campagne, personne ne songe à nier l'utilité des ballons comme observatoires aériens, d'où l'on découvre mieux l'ensemble des positions et des mouvements de l'ennemi que des points élevés (monticules, clochers), que l'on peut employer dans ce but sur le terrain où l'on opère, et qui ne se trouvent pas souvent dans des conditions favorables.

Pour obvier à cet inconvénient, on avait même étudié dans ces dernières années, divers systèmes d'observatoires de campagne faciles à transporter et à installer; mais jusqu'à présent aucun n'a donné des résultats pratiques satisfaisants.

Aussi, deux armées ennemies en rase campagne peuvent tirer un parti précieux des ballons libres ou captifs, comme moyen d'observation régulière ou de reconnaissance.

Il convient de distinguer deux espèces de reconnaissances militaires : *les reconnaissances stratégiques* ou à grande distance en avant des armées, et *les reconnaissances tactiques* faites dans le rayon du champ de bataille.

910. Reconnaissances stratégiques. —

Ces reconnaissances à grande distance, qui s'étendent quelquefois à plusieurs journées de marche de l'armée, ne pouvaient jusqu'à présent être effectuées que par la cavalerie ou par des colonnes volantes.

Mais avec les ballons dirigeables, on pourra faire planer ceux-ci sur tout un théâtre d'opérations, apercevoir les mouvements de grandes masses de troupes, l'organisation de fortifications étendues ou les dispositions d'ensemble prises par l'adversaire. On recueillera ainsi des renseignements beaucoup plus complets qu'avec les moyens de reconnaissances actuels, qui ne peuvent guère donner que les positions des avant-gardes ennemies; on connaîtrait la force et la distance relatives de divers échelons, les marches réelles ou les fausses manœuvres, etc.

Les observations recueillies seraient transmises immédiatement à la station télégraphique la plus voisine qui les communiquerait au commandant de l'armée, lequel serait alors en mesure de prendre ses dispositions en parfaite connaissance de cause.

On sait que pendant la secession des États-Unis le général Fitz-John Péter

faisant une reconnaissance stratégique en ballon libre, put, après avoir plané quelques temps sur le camp des confédérés, être ramené par un courant inférieur dans le camp fédéral, où les renseignements rapportés servirent précieusement.

Avec les ballons dirigeables, ce n'est plus par hasard ou dans des cas trop rares qu'il sera possible d'être renseigné sur les opérations et les mouvements de l'adversaire, mais presque tous les jours et sur tous les points, puisqu'un même ballon peut parcourir rapidement de grandes distances, et qu'il sera possible d'en avoir au moins un par armée.

On pourra objecter que les deux adversaires pouvant disposer du même engin, arriveront à connaître mutuellement leurs positions et dispositions. Des écrivains fantaisistes vont même jusqu'à prévoir des combats de ballons dans les airs et à en décrire les phases. Mais il ne faut pas perdre de vue que l'on est loin de pouvoir diriger un ballon sur un point donné avec la même certitude qu'on le fait par exemple avec le gouvernail d'un navire. Dans l'état actuel de la question, des ballons ne seraient pas sûrs de se rencontrer même en se cherchant. Aussi avant de songer à créer une tactique aérienne, comme il y a une tactique navale, il faut d'abord déterminer exactement les conditions d'emploi des ballons dirigeables, puis s'en procurer, et il s'écoulera un certain temps avant que l'on arrive à créer un nombre suffisant de ces engins, possédant les moyens d'action voulus pour nuire à l'ennemi autrement que par des reconnaissances.

On peut admettre que, en supposant que les deux adversaires fassent usage de ce précieux moyen d'observation, l'un d'eux pourra toujours en profiter plus que l'autre. L'adversaire le plus faible ou le moins bien concentré se renforcera ou rectifiera ses positions ou au besoin se repliera en temps utile; l'autre, au con-

traire, cherchera à profiter le plus tôt possible de sa supériorité ou des fautes de l'ennemi.

C'est un nouveau mode de se renseigner, dont profitera comme toujours celui qui saura le plus habilement en tirer parti.

Il pourra certainement en résulter des modifications profondes dans la manière de faire la guerre... sur terre, mais la question n'est pas encore assez mûre pour que nous nous y arrêtions ici, car l'imagination peut en pareille matière se donner trop libre carrière.

911. Reconnaissances tactiques. — Les reconnaissances tactiques sont celles qui ont eu lieu dans le rayon d'un champ de bataille ou d'une forteresse investie, car il s'agit alors simplement de connaître les forces, les dispositions, l'emplacement des divers échelons ennemis. Elles sont exclusivement du ressort des ballons captifs, parce qu'il faut que les indications recueillies soient immédiatement transmises, ce qui exige la conservation d'une relation constante entre l'observateur et la terre. Ces reconnaissances ont leur raison d'être aussi bien dans l'offensive que dans la défensive, car une armée a toujours besoin d'être renseignée sur ce qui se passe autour d'elle.

Une reconnaissance en ballon captif doit être exécutée pour ainsi dire instantanément; dès que, à l'aide d'une bonne lunette, on a découvert et relevé ce que l'on a intérêt à connaître, il faut être en mesure de se retirer aussitôt, pour ne pas s'exposer aux effets du tir.

Ainsi que nous l'avons indiqué déjà, un observatoire de ce genre serait autrement avantageux que ceux que peuvent fournir les points élevés que l'on rencontre sur le terrain de l'action. Rien n'empêche le ballon de monter à une hauteur suffisante pour embrasser sans entrave toute la surface de terrain qu'on a besoin d'observer.

« La campagne de 1870, dit M. le colonel du génie Delambre, fournit malheu-

reusement des exemples nombreux des inconvénients qui résultent de l'absence de reconnaissances tactiques et les retraites eussent été peut-être bien souvent évitées, si un aérostier militaire eût appris aux généraux français qu'ils n'avaient devant eux qu'un cordon de troupes sans profondeur, sans soutien sérieux, et que le grand bruit d'une démonstration à distance servait à l'ennemi ou à masquer sa faiblesse réelle ou les marches qu'il avait intérêt à dissimuler. »

L'utilité des ballons à la guerre et les

services qu'on peut en tirer ne sont donc pas contestables ; la seule objection sérieuse consiste dans la difficulté d'en avoir où et quand il faut : l'ennemi, le vent, la fumée, le brouillard, etc., empêchent souvent de tirer parti de ceux que l'on possède ; en un mot, leur emploi est subordonné à bien des conditions, qu'il arrive rarement de trouver réunies.

Cela nous amène par suite à examiner ces conditions d'une manière complète pour les ballons captifs et à les indiquer pour les ballons libres ou dirigeables.

CHAPITRE IX

CONDITIONS A REMPLIR PAR LES BALLONS MILITAIRES

§ I. — BALLONS CAPTIFS.

912. Conditions générales. — Le rôle d'observatoire, que peuvent remplir les ballons captifs de la manière la plus avantageuse, a pour conséquence logique de chercher à en posséder le plus grand nombre possible en campagne. Mais le matériel est assez encombrant, la manipulation et la manœuvre exigent un personnel habile et exercé, et les armées entraînent déjà à leur suite une série d'impédiments si considérable qu'il faut faire en sorte d'en restreindre le nombre. Nous nous bornerons à faire remarquer à ce sujet qu'il est facile de se rendre compte que le nombre de ballons captifs dont on pourra disposer sera d'autant plus grand que :

1° Le matériel sera simple et solide ;
2° le gonflement facile et rapide ; 3° le transport et la manœuvre du ballon gonflé et du matériel seront pratiques ; 4° les observations commodées et leurs résultats transmis sûrement et rapidement.

913. Matériel simple et solide. — L'ensemble des voitures et du matériel permettant le gonflement d'un ballon et le trans-

port du ballon gonflé constituera ce qu'on appelle un parc de ballons captifs, lequel doit disposer de tout ce qui est nécessaire pour se suffire à lui-même.

On comprend que plus le matériel sera simple, moins il faudra de voitures pour le transporter, et par suite moins il sera encombrant. Il est indispensable en outre que tout soit solide : les voitures qui ont à circuler partout et à toutes les allures ; les diverses parties des ballons, qui doivent pouvoir servir un grand nombre de fois et qui sont exposées à des accidents de toute espèce ; le câble qui peut se rompre, etc. Nous avons indiqué (n° 875) que tous les organes faisant partie d'un ballon avaient été, à Meudon, l'objet d'une étude minutieuse et que l'on a trouvé pour chacun la solution la meilleure.

Il est évident encore que plus le matériel sera simple et solide, moins il coûtera comme achat, moins il aura besoin de réparations, et celles-ci seront en outre plus faciles à faire. La manipulation étant également plus facile, il faudra moins de

temps pour former des aéroliers, pour charger et décharger, pour monter et démonter, ce qui en permettra l'emploi dans le minimum de temps. Il va de soi qu'il y aura un certain nombre d'outils et de pièces de rechange sur l'une des voitures.

Chacun des détachements d'aéroliers allemands formés en 1870 ne disposait que d'une voiture contenant simplement la nacelle, l'ancre, l'enveloppe, etc., mais sans aucune espèce de matériel pour le gonflement.

Le poids du ballon gonflé et monté par MM. Renard et Krebs, y compris les aéronautes, ne dépasse pas 2.000 kilog. Avec deux ou trois voitures on sera certainement en mesure de constituer un parc de ballons. Ce n'est donc pas l'embaras que causeraient ces trois voitures qui constituera l'obstacle à l'adoption de ce parc, d'autant plus que rien n'empêche que, suivant les circonstances, le ballon en soit employé soit à l'état captif soit à l'état libre.

On a émis l'idée de composer les ballons de plusieurs compartiments ou onglets sphériques, qu'il serait facile de transporter tout gonflés et de réunir pour former l'aérostat. M. Board de Bristol pense qu'on pourrait substituer à ces onglets autant de cylindres égaux en capacité et d'un diamètre suffisamment petit pour qu'on puisse les transporter partout. Chacun de ces cylindres serait ensuite divisé, au moyen de diaphragmes, en compartiments imperméables, analogues aux cloisons étanches des navires. Dans ces conditions, le ballon resterait en l'air lors même qu'un de ces éléments viendrait à se rompre ou à être atteint par un projectile, ce qui permettrait de faire presque sans danger des reconnaissances au-dessus des positions occupées par l'ennemi. Nous ignorons pourquoi aucune suite n'a été donnée à ces projets, qui valaient la peine au moins d'être expérimentés.

914. Gonflement rapide et sûr. — Les

moyens défectueux employés au début pour gonfler les ballons ont été une des causes qui ont empêché d'en faire usage dans les armées, ou plutôt de pourvoir celles-ci d'un matériel aérostatique, car il fallait un ballon très volumineux pour une force ascensionnelle assez faible.

Le gaz d'éclairage ne convient guère au gonflement. D'abord il faut souvent un transport long et pénible pour aller gonfler l'aérostat, si l'usine à gaz est un peu éloignée. En outre, la force ascensionnelle produite par ce gaz est à peine la moitié de celle que fournit l'hydrogène. D'où, avec celui-ci, les ballons d'un cube moitié moindre sont d'une construction plus facile et moins coûteuse, donnent moins de prise au vent et sont plus rapidement gonflés.

Le gaz hydrogène ayant remplacé le gaz d'éclairage, on peut, pour une force ascensionnelle déterminée, obtenir pour les ballons la dimension minima, ce qui réduit la quantité de gaz, de temps et l'action du vent, sans compter qu'ils sont, ainsi que leurs accessoires, d'un transport plus facile.

Les procédés découverts par M. Renard et que nous avons indiqués, (n° 874) permettent de transporter le matériel et les matières nécessaires à la fabrication du gaz sous un petit volume, et de gonfler le ballon dans un temps qui ne dépasse pas deux à trois heures, c'est-à-dire un temps dont on pourra toujours disposer.

Tout en étant rapide, le gonflement doit présenter des conditions de sécurité et de régularité convenables dans la production du gaz. Les appareils facilement maniables et peu compliqués, pour être à la portée de manipulateurs peu exercés et peu intelligents, doivent surtout être suffisamment solides pour qu'il n'y ait à craindre ni accidents, ni explosions. Il faut en outre qu'ils permettent d'obtenir facilement du gaz, pour réparer les pertes survenues dans les ballons gonflés à la suite des ascensions et de l'influence de la température.

Bien qu'à la rigueur le ballon puisse être gonflé en deux heures, il ne faudra pas oublier de le faire gonfler la veille des observations, quand ce sera possible. Lorsque l'ordre en sera donné, il sera bon d'indiquer les points où le ballon aura probablement à se placer pour observer.

Le commandant du parc de ballon captif, choisit, pour gonfler celui-ci, un endroit où l'opération puisse s'effectuer sans être inquiétée, à proximité d'un cours d'eau fournissant l'eau nécessaire, et enfin d'où il soit facile de sortir pour gagner les stations de reconnaissance. Le chemin pour arriver à celles-ci sera reconnu au préalable et choisi de manière à éviter les obstacles qui pourraient entraver la marche du ballon. On comprend l'importance de cette mesure pour ne pas s'exposer à être arrêté en route et perdre alors un temps précieux. En même temps si l'on peut trouver comme station des emplacements mettant à couvert le personnel et les voitures qui accompagnent le ballon, il va de soi qu'un pareil résultat ne peut qu'assurer le succès des observations.

915. 3° Transport et manœuvre du ballon gonflé. — Le mode de transport à bras employé primitivement est long et trop fatigant; il doit être considéré comme un pis aller pour la manœuvre du ballon, dans certains cas, comme lorsqu'il s'agit, par exemple, de traverser un obstacle. Le mode normal consiste évidemment à faire traîner le ballon par une voiture à treuil, sur lequel vient s'enrouler le câble qui retient l'aérostat.

Donc, une fois le ballon gonflé, la voiture-treuil se met en route au moment voulu et se dirige à la station par le chemin qui a été reconnu au préalable, et qui est indiqué par l'officier qui a fait la reconnaissance. Dans le trajet, qui peut se faire au pas ou au trot, le ballon est tenu à une faible hauteur pour ne pas être remarqué de loin et moins fatiguer. S'il se présente des obstacles que la voiture ne puisse contourner : fils télégraphiques, rideaux

d'arbres, on sera obligé de détacher le ballon de la voiture pour lui faire franchir l'obstacle à bras, après quoi on s'empresse de le relier au véhicule. Ces diverses manœuvres doivent être simples, pour être exécutées rapidement, et les dispositions les meilleures doivent être prises pour permettre l'enroulement et le déroulement du câble sûrement et facilement.

916. 4° Observations commodes et assurées. — Le ballon captif retenu par un câble subit des oscillations dans tous les sens, par suite de l'action du vent et de sa propre force ascensionnelle. Pour que les observateurs soient en sécurité dans la nacelle par tous les vents, il faut que celle-ci reste toujours verticale, conditions que remplit parfaitement le matériel français.

Il faut ensuite que les aéronautes aient un moyen rapide et assuré de communication avec le sol, soit pour commander la manœuvre, soit pour transmettre le résultat de leurs observations. Ainsi Coutelle transmettait, pendant les observations, ses ordres aux aérostiers au moyen de drapeaux ou de signaux de différentes couleurs, et il envoyait à terre des dépêches renfermées dans des sacs pour donner la description de ce qu'il voyait.

Aujourd'hui on peut ajouter à ce moyen primitif, mais sûr et pratique lorsqu'il n'y a pas de brouillard, les communications télégraphiques, ou mieux téléphoniques, à l'aide d'un fil télégraphique attaché au câble. Enfin si l'on veut prendre la physionomie des positions ennemies, on peut avoir recours à la photographie instantanée (n° 895). La lumière électrique permet même de faire des observations la nuit. (n° 883).

Dans une ascension faite il y a quelques années, on put, au moyen de pigeons voyageurs, se tenir au courant des mouvements d'une troupe de cent cinquante cavaliers envoyés à l'avance dans la direction présumée du ballon. Bien que cet essai ait été favorable, on n'a pas fait d'autres expériences du même genre.

Il semble que trois officiers aéronautes compétents sont nécessaires par ballon ; deux dans la nacelle, dont l'un pour faire les observations et l'autre pour les transmettre ; le troisième à terre pour surveiller la manœuvre et rédiger et transmettre les dépêches à qui de droit. Ces trois opérateurs peuvent d'ailleurs alterner dans leurs rôles.

L'emplacement des stations est reconnu d'avance, et aussitôt que le ballon y est arrivé on procède aux observations, pour lesquelles on a dû au préalable se munir des instructions, instruments et cartes nécessaires.

L'équipement des ballons captifs par des moyens de correspondance optiques,

télégraphiques ou téléphoniques, avec des appareils de levés photographiques, et des instruments optiques à mesurer les distances, la combinaison de ces divers moyens permettent à l'observateur de remplir rapidement et sûrement sa mission. Il faut néanmoins que la station d'observation remplisse les conditions suivantes :

1° Être à une distance suffisante de l'ennemi (au moins 3 kilomètres), pour n'avoir rien à craindre de son feu, tout en découvrant l'ensemble de ses positions ;

2° Être d'un accès facile, pour pouvoir y arriver et au besoin en sortir facilement ;

3° Être derrière un couvert qui la défend des projectiles de l'artillerie ennemie.

§ II — BALLONS LIBRES

917. Indications. — Le problème de la direction des ballons paraît assez près d'une solution complète pour que, en fait de ballons libres, il ne soit question que de ballons dirigeables.

Sans avoir la prétention de vouloir indiquer ici ce qu'il y aurait à faire à ce sujet, puisque les études sont en bonne voie et entre bonnes mains, et qu'il conviendrait également de ne pas commettre d'indiscrétions sous ce rapport, on peut constater que la plupart des conditions mentionnées pour les ballons captifs, sont applicables pour les ballons dirigeables.

L'avenir appartient sans conteste à ces derniers, mais il faudra un certain temps pour trouver les dispositions les meilleures et arrêter un système, car les débuts n'ont fait qu'ouvrir le champ aux progrès, qui ne peuvent manquer de se produire sous peu.

Dans tous les cas, les ballons libres doivent remplir les conditions suivantes : possibilité de se mouvoir dans une direction quelconque, d'atterrir avec promptitude et sécurité, de s'enlever de nouveau

si c'est nécessaire, et de s'arrêter au moins quelques instants en un point déterminé.

918. Ballons perdus. — On a exprimé aussi l'idée qu'il serait avantageux et prudent de munir les places de guerre en danger d'être investies d'un approvisionnement suffisant de petits aérostats destinés à assurer les communications avec l'extérieur. Il est évident que les ascensions de ballons montés, semblables à ceux employés pendant le siège de Paris, coûtant fort cher (5 à 6,000 francs) et exigeant l'habileté, le dévouement et l'expérience des aéronautes ne peuvent être renouvelés qu'à des intervalles assez rares ; les *ballons perdus*, fort petits au contraire et construits de manière à rester dans l'atmosphère pendant cinq ou six heures, pourraient être lancés en certain nombre chaque jour. Ils seraient certes plus exposés à tomber entre les mains de l'ennemi que les ballons montés, car les aéronautes peuvent à volonté accélérer ou retarder l'atterrissage par le double jeu de la soupape et du lest, mais

en somme les dépêches qu'il serait dangereux de livrer à l'ennemi pourraient être chiffrées, et les communications journalières seraient assurées. C'est le système qui fut employé à Metz en 1870. (N° 870)

CHAPITRE X

PRINCIPES DE CONSTRUCTION DES BALLONS (1)

§ 1. — CONSTRUCTION DES BALLONS

919. Remarques. — Les notions générales que nous avons données dans le chapitre I^{er} sur les divers éléments qui entrent dans la composition d'un ballon, ne constituaient que de simples définitions. Bien que notre but ne soit pas d'indiquer ici d'une manière complète la manière de confectionner ces différentes parties, nous croyons qu'il est nécessaire de faire connaître au moins les conditions que chacune d'elles doit remplir et de compléter les renseignements donnés en passant sur le sujet.

920. CONDITIONS GÉNÉRALES. — En ne parlant que des conditions à remplir par un ballon militaire, on peut demander que celui-ci, dans tous les cas, soit confectionné solidement, avec des matériaux de bonne qualité, qu'il ait la moindre capacité possible, pour être plus rapidement gonflé et qu'il fonctionne avec la plus grande facilité. Naturellement les conditions varient suivant qu'il s'agit de ballons libres ou de

ballons captifs, suivant l'espèce de gaz employé pour le gonflement, etc.

921. Forme. — La forme la plus avantageuse est la forme sphérique, qui assure une fatigue égale de l'enveloppe dans toutes ses parties, et le volume maximum pour une même surface ou un même poids d'enveloppe (n° 801).

C'est cette forme qui a été adoptée pour les ballons captifs de l'armée française, mais nous avons vu (n° 847) que, pour les ballons dirigeables, la forme allongée était préférable.

922. Volume. — Le volume dépend de la nature du gaz, du poids des diverses parties du ballon et du poids à transporter. D'après les calculs faits par M. Duté-Poitevin, attaché aux ateliers d'aérostation militaire de Chalais, et publiés dans les numéros indiqués de l'*Aéronaute*, voici le poids et le prix approximatifs des diverses parties d'un ballon sphérique de 18 mètres de diamètre.

ÉLÉMENTS.	POIDS.	PRIX.	OBSERVATIONS.
Etoffe (soie Ponghée)...	66 ^k ,000	2,890	Ce ballon est supposé gonflé au gaz d'éclairage et pourra enlever 1,395 kilogrammes, à raison de 650 grammes par mètre. Il reste donc 745 kilogrammes environ pour les aéronautes et le lest. Si l'on suppose 4 personnes, à raison de 70 kilogrammes en moyenne, soit 280 kilogrammes, il restera, en diminuant 20 kilogrammes pour les instruments, un poids disponible de 445 kilogrammes pour le lest.
Coutures.....	2 ^k ,150	1,290	
Vernis.....	232 ^k ,000	464	
Filet et suspension.....	100 ^k ,000	300	
Pattes équatoriales.....	89 ^k ,000	100	
Cercle de suspension.....	10 ^k ,500	55	
Nacelle.....	83 ^k ,000	326	
Cabillots.....	2 ^k ,570	12	
Soupape.....	20 ^k ,000	120	
Appendice.....	3 ^k ,000	5	
Ancres.....	40 ^k ,000	100	
Corde d'ancre.....	56 ^k ,500	170	
Cône-ancre.....	8 ^k ,000	12	
Frais imprévus.....	» »	656	
	712 ^k ,700	6,500	

(1) Nous avons consulté, surtout pour ce chapitre, l'*Aéronaute* de février, mars et avril 1882.

923. Étoffe. — En principe, tout tissu qui présente les qualités voulues de solidité, de densité et de légèreté peut être employé pour la confection des ballons. On vérifie d'abord le nombre de fils que l'étoffe présente en trame et en chaîne par centimètre carré, et on essaie son degré de résistance au moyen d'un dynamomètre.

L'étoffe employée aux ateliers de Chalais et reconnue la meilleure est la soie de Chine, dite *ponghée*, préparée d'après un procédé indiqué par M. Hureau de Ville-neuve; elle a 0^m,441 de large et pèse 80 grammes par centimètre carré. Sa résistance est considérable et, sous l'action du vernis, elle conserve une souplesse indispensable pour assurer l'imperméabilité. Son prix de revient est de 3 fr. 50 le mètre carré.

L'Angleterre emploie de la batiste (n° 884), l'Italie la soie ponghée (n° 890), la Russie du percale (n° 892). Enfin on peut employer encore dans le même but la baudruche (membrane interne du gros intestin du bœuf), mais cette substance est trop chère pour les ballons de fort volume. Enfin la matière du ballon est le papier quand il s'agit d'une montgolfière. M. Giffard avait fabriqué l'enveloppe de son ballon captif avec du *makintosh*, tissu formé d'une lame de caoutchouc interposée entre deux feuilles de taffetas ou de toile.

Il faut remarquer d'ailleurs que plus le ballon est grand, plus l'étoffe de l'enveloppe doit être solide, pour être en mesure de résister aux petites différences qui se produisent entre la pression intérieure et la pression extérieure (n° 808).

924. Coupe et coutures. — Pour perdre le moins possible d'étoffe, tout en empêchant que celle-ci puisse s'étendre par la traction, on confectionne le ballon au moyen d'un certain nombre de fuseaux, d'une calotte supérieure et d'une calotte inférieure.

Les fuseaux ont au plus 0^m,441 de largeur (comme l'étoffe), leur longueur dé-

pend de la circonférence du ballon. Leur tracé est facile à établir.

La calotte inférieure a 4 mètres de diamètre et la calotte supérieure 3 mètres; pour ces calottes l'étoffe est double. Les deux orifices présentent une collerette venant se fixer au moyen d'une ligature sur la soupape et l'appendice.

Les coutures doivent être faites à plat et au nombre de trois. Les coutures à plat ont l'avantage de ne pas mettre à découvert les éraillures produites par les points, qui forment autant de trous apparents dans les coutures rabattues. Ces coutures peuvent d'ailleurs être faites à la main ou à la machine. Il est indispensable de multiplier les coutures dans tous les sens, car on obtient ainsi de véritables nervures capables de mettre obstacle à la propagation d'une déchirure.

925. Vernis. — L'imperméabilité de l'étoffe est obtenue par divers procédés, dont aucun n'est parfait. Chaque aéronaute pour ainsi dire a le sien. Nous n'entrerons pas dans le détail des compositions qui ont été proposées ou employées, nous nous bornerons à indiquer, d'après diverses publications, quel serait le procédé employé à l'école de Chalais-Meudon.

L'huile de lin cuite forme le fond de ce vernis, dans laquelle Conté aurait ajouté du caoutchouc, qui s'y dissout naturellement. Mais les expériences faites par les capitaines Delambre et Renard, avec un composé de ce genre, prouvèrent qu'il ne sèche pas suffisamment et que, pour de grandes surfaces, il ne présente pas le degré d'imperméabilité nécessaire. On y remédia en faisant dissoudre au préalable le caoutchouc dans la térébenthine ou la benzine, et mélangeant cette solution à l'huile de lin cuite.

On peut aussi employer un vernis composé d'un mélange d'essence de térébenthine et d'huile de lin, rendue siccatrice par une ébullition prolongée avec la litharge.

Le vernis est appliqué sur les surfaces bien étendues au moyen de pinceaux, de brosses, etc.; on enduit les deux faces l'une après l'autre, à douze heures d'intervalle.

926. SOUPAPE. — La soupape est l'organe le plus délicat de toutes les pièces d'un ballon, car de son bon fonctionnement peut dépendre le salut des aéronautes. Les conditions à remplir sont les suivantes :

1° Empêcher toute fuite de gaz quand

elle est fermée, de manière que la fermeture soit complète et sûre;

2° Fonctionner facilement et graduellement, quand il en est besoin;

3° Enfin assurer une section suffisante à la sortie du gaz au moment de l'atterrissage. Cette section doit être telle que le ballon se vide du quart de sa force ascensionnelle dans les deux premières minutes. Un diamètre extérieur de 0^m,80 répond à cette condition au point que le trainage, seul moment un peu périlleux

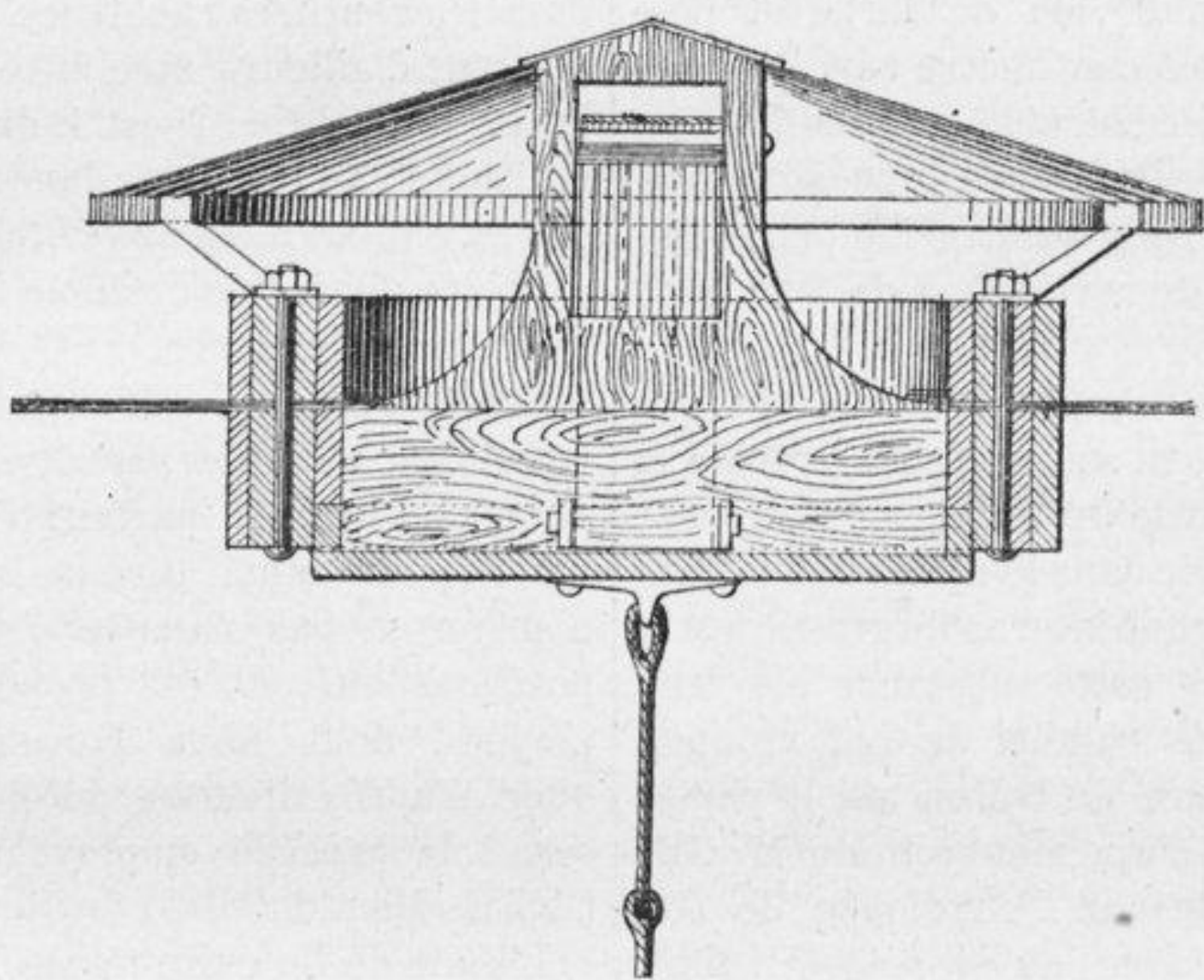


Fig. 422.

d'une ascension, peut être considéré comme presque complètement annulé.

D'après M. Giffard, il faut éviter dans la construction des soupapes l'usage des ressorts en caoutchouc, surtout si cette pièce doit rester longtemps en fonctionnement en dehors de la main et de la vue. Dans tous les cas, il importe de s'assurer que les ressorts, quel que soit leur système, conservent toujours une raideur et ont un bras de levier suffisant. Il convient également de n'user qu'avec circonspection et pour les ascensions de courte durée par un beau temps, du moyen d'obstruction des clapets consistant dans un

dépôt sur leurs bords d'un mélange gras susceptible de se gercer ou de contracter des adhérences. Il y a lieu de remplacer, si c'est nécessaire, cette espèce de *cataplasme* par des sièges métalliques minces, s'appuyant sur des bandes de caoutchouc très flexibles.

Enfin, la préférence doit être accordée aux soupapes rondes, dont l'ajustage peut être déterminé plus rigoureusement; ces soupapes sont fixées à l'aérostat par des brides et des joints plats boulonnés; leurs dimensions sont aussi réduites que possible. L'ensemble de la soupape est surmonté d'un petit toit conique, par la ga-

rantir des chutes d'eau, de neige, et de l'action solaire.

On en distingue trois espèces princi-

pales : à simple clapet, à double clapet et à tube.

927. *Soupape à simple clapet.* — Les

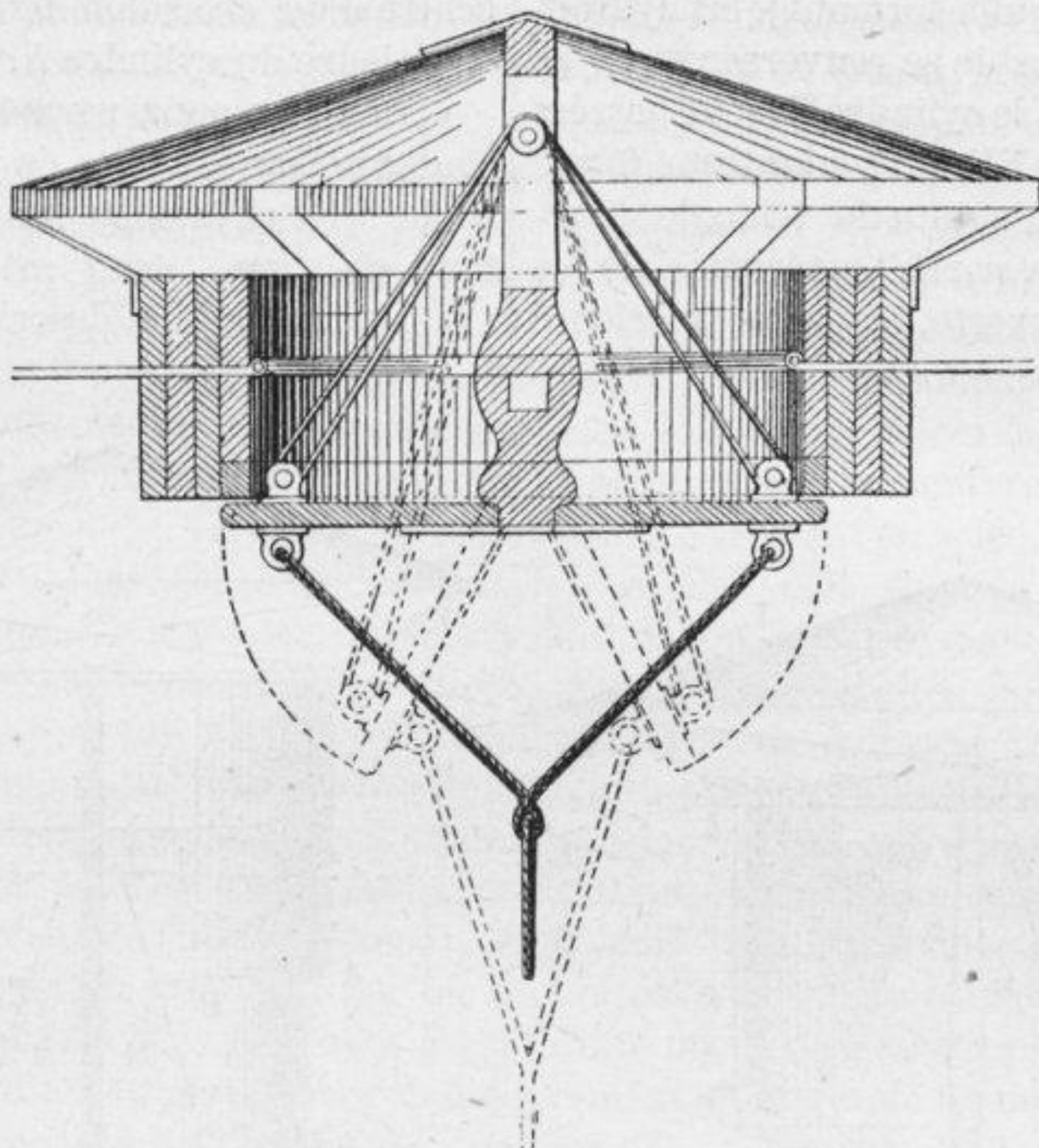


Fig. 423.

soupapes employées pour les ballons captifs de l'Italie (n° 890) sont à simple clapet. La figure 413 représente la soupape supérieure. Ces soupapes sont construites en bois et métal accouplés ; le joint qui est formé sous traction de ressort, par la pression d'un couteau métallique sur une bande de caoutchouc à gorge interne élastique, assure une étanchéité parfaite mieux qu'avec les soupapes à double clapet.

928. *Soupape à double clapet.* — Le modèle de ces dernières le plus employé est celui inventé en 1783 par le professeur Charles. Cette soupape consiste en une double couronne plate en bois, au milieu de laquelle est placée une traverse en bois qui supporte les charnières des deux clapets. Ceux-ci sont pressés sur le siège par

des ressorts généralement en caoutchouc (fig. 422 et 423). Ce genre de soupape présente l'inconvénient de ne plus fermer complètement toute issue au gaz après avoir été ouverte pendant une ascension.

929. *Soupape à tube.* — Les soupapes à clapet présentent l'inconvénient grave de ne pouvoir servir convenablement qu'une fois, au moment de la descente. Pour y remédier, M. Lefébure a proposé le système suivant de soupape à tubes (sans clapets), décrit dans l'*Aéronaute* d'octobre 1877.

« AA (fig. 424 et 425) est un cylindre creux ouvert des deux bouts et construit en tôle légère galvanisée. Son bord supérieur A est lié à l'étoffe du ballon L par les procédés ordinaires. Dans ce cylindre glisse à frottement très lâche un second

cylindre intérieur B, également en tôle galvanisée. Ce second cylindre porté à sa partie inférieure une gouttière circulaire G remplie de pommade, c'est-à-dire d'une graisse demi-liquide formant joint hydraulique, incapable de se renverser et de se congeler. Dans le cylindre B sont percées quatre fenêtres EE, présentant une forme triangulaire, la pointe du triangle tournée en bas. La partie supérieure de ce cylindre est ouverte, la partie inférieure

est fermée par un cône de tôle G, et la pointe de ce cône se trouve en M la corde de tirage de la soupape. Le fond du cône est relié par un ressort de caoutchouc au centre d'un croisillon fixé sur la partie supérieure du cylindre A.

« Enfin un petit parapluie I, en étoffe soutenue par des tiges de paragon K, empêche l'eau et la neige de s'accumuler au fond du cône.

« Il résulte de la description ci-dessus

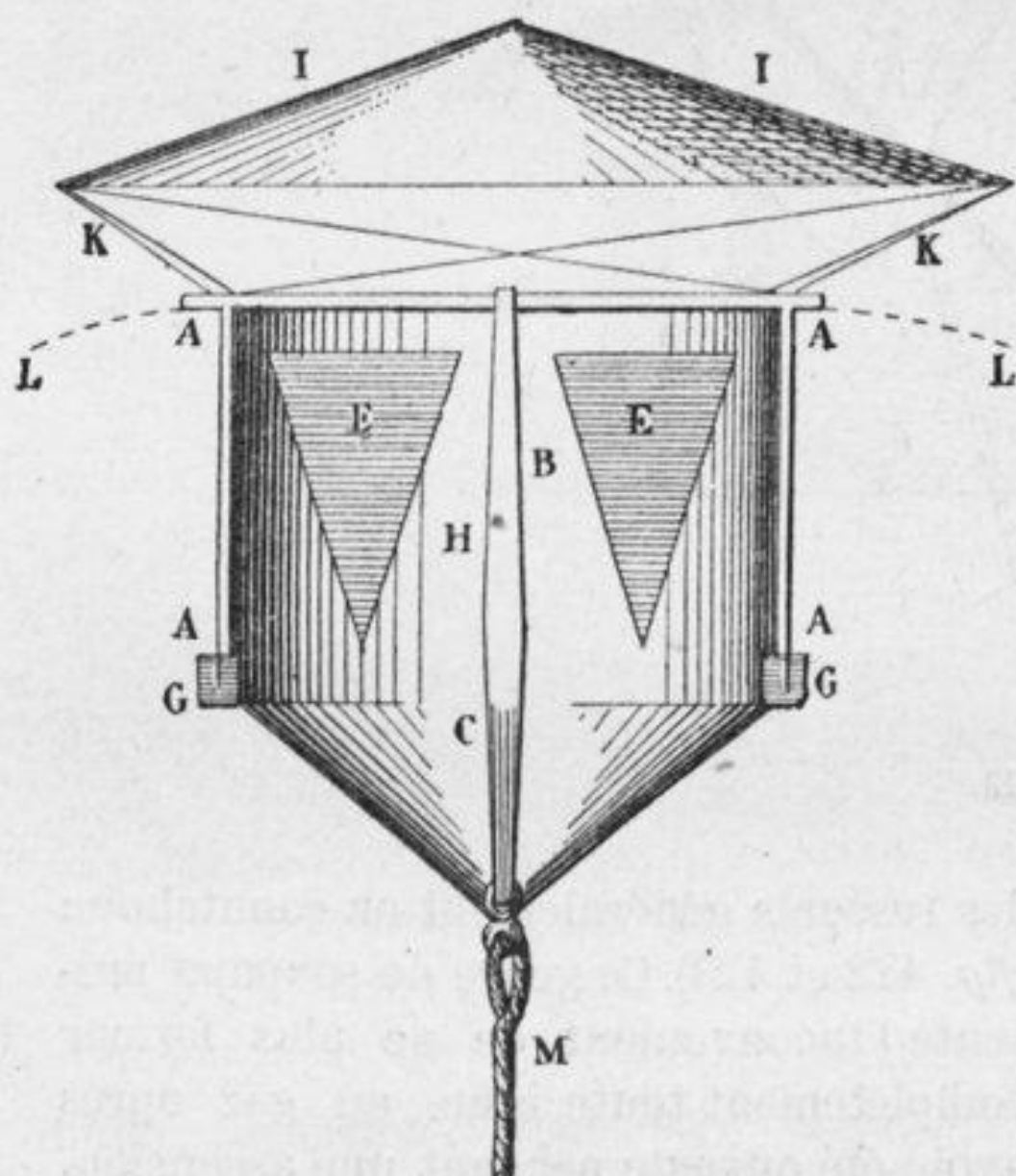


Fig. 424.

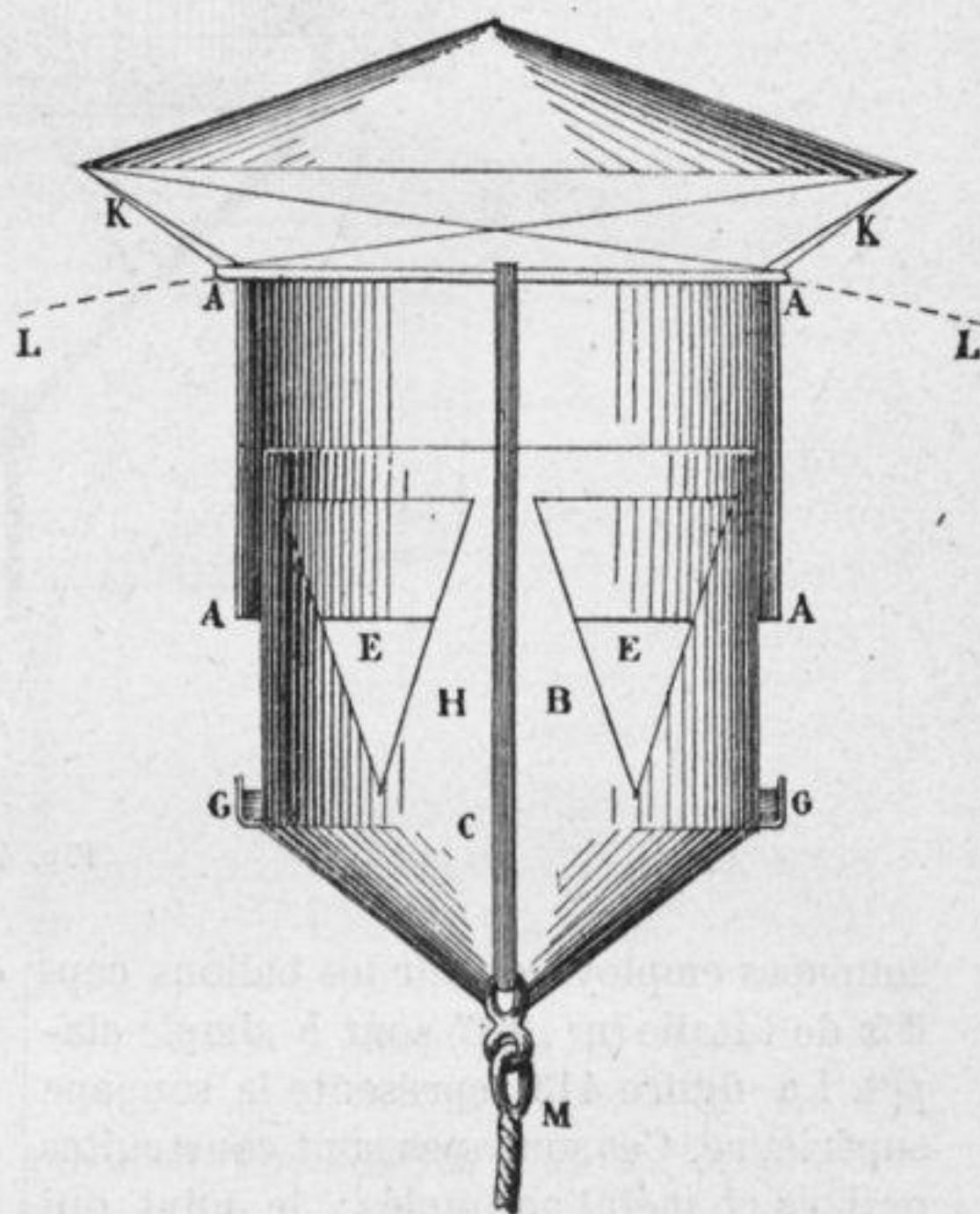


Fig. 425.

qu'à l'état normal, tant qu'on ne tire pas sur la corde M, l'étanchéité est absolue, puisque la surface AGMGA ne présente de solution de continuité qu'en G où se trouve un joint hydraulique.

« Mais si l'on tire sur la corde M, le cylindre A se sépare de la gouttière G et démasque les fenêtres EE. Si la traction a été faible, la pointe seulement de ces fenêtres étant démasquée, il sortira une petite quantité de gaz. Si, comme dans la figure 425 ; on ouvre à moitié, on obtient

un écoulement notable. Enfin si l'on tire violemment sur la corde, on obtient l'ouverture entière, qui est indispensable pendant un trainage. L'appareil ainsi manœuvré peut donc servir et de soupape de manœuvre et de soupape d'atterrissage ; car lorsque le cylindre A rentrera dans la gouttière G où se trouve la graisse demi-liquide, il retrouvera le joint aussi bon qu'au départ. »

Duté-Poitevin propose le modèle suivant pour les soupapes à tube. Un tube

métallique mince, disposé verticalement est renforcé par une couronne de bois, garnie d'un caoutchouc formant siège.

Le ballon est ligaturé par sa calotte à la partie supérieure de ce tube. La partie de celui-ci qui plonge dans le ballon est garnie de fenêtres dont les vides sont les $\frac{3}{5}$ de la surface totale.

La section de ces vides devant être égale à la section d'ouverture, il en résulte qu'on aura, pour une soupape de 0^m,80 de diamètre, 50 fenêtres de 0^m,03 de vide et de 0^m,02 de plein. Pour plus de solidité ces vides seront divisés en deux parties dans le sens horizontal. Ce cylindre est fermé par un clapet formé d'un cône en laiton, dont la base est pleine pour assurer sa rapidité. Un couteau circulaire vient faire joint sur le caoutchouc. Il est pressé sur le siège par six ressorts de caoutchouc venant s'attacher au toit de la soupape. Le clapet ou fond est guidé dans sa course par les fenêtres d'où s'échappe le gaz. Au moment de l'atterrissage, le fond vient se fixer au bas du tube où il est retenu par des ficelles disposées à cet effet, ouvrant ainsi au gaz une large issue, sans que l'aéronaute ait besoin de s'en occuper. Le fond ne peut venir occuper cette position qu'après que la tension donnée à la corde aura brisé une ficelle qui limite sa course dans les circonstances ordinaires de la manœuvre. Un toit, servant à préserver la soupape de la pluie, sert en même temps de point d'attache pour les ressorts et à fixer le cercle du filet autour de la soupape. Il est regrettable qu'une figure ne vienne pas éclairer cette description.

Enfin M. Jobert a proposé d'installer une soupape de manœuvre dans la grande soupape. Celle-ci aurait un fort diamètre, qui permettrait une prompte évacuation du gaz, ne servirait qu'à l'atterrissage et fonctionnerait à l'aide d'une corde spéciale qui, en l'ouvrant, la tiendrait en même temps enclanchée. La soupape de manœuvre, dont le diamètre serait le $\frac{1}{3}$ de

celui de la grande, suffirait à tous les besoins et pourrait s'ouvrir et se fermer tant qu'on voudrait, sans qu'il puisse s'échapper de gaz.

930. Filet. — Le filet a pour but de répartir uniformément, sur toute la surface supérieure du ballon, la pression du poids que celui-ci doit supporter, et en même temps d'augmenter la résistance de l'enveloppe contre l'expansion des gaz (fig. 426).

Le poids porté par le filet sera celui qu'enlève le ballon, diminué du poids de l'enveloppe, de la soupape et de l'appendice. Les cordes de ces filets sont généralement faites en chanvre, quelquefois en coton, rarement en soie.

Le filet doit épouser la forme exacte du ballon et être, par suite, formé de mailles assez petites pour que la ficelle employée ne soit pas trop grosse et ne blesse pas l'étoffe du ballon, dans laquelle elle pourrait en outre produire une déformation, cause d'une certaine résistance. Il doit être construit de telle façon que toutes ses cordes travaillent également. Cette ficelle doit être tordue bien régulièrement et exempte de nœuds autant que possible.

Il est bon d'enduire les cordes ou fils de substances qui les rendent souples et hydrofuges, et par suite insensibles aux actions de la sécheresse et de l'humidité.

Chaque maille est formée d'un losange plus long dans le sens vertical que dans le sens horizontal. Le rapport $\frac{1}{2}$ entre ses deux longueurs convient bien; elle assure au filet une élasticité suffisante dans le sens horizontal pour la dilatation du ballon.

On admet actuellement que la longueur du filet proprement dit est d'environ le tiers de la circonférence du ballon, alors que dans les premiers ballons elle n'était que de la moitié.

La grosseur des cordes du filet n'est pas égale partout, car l'enroulement du filet autour de la partie supérieure du ballon a pour effet de diminuer la tension

supportée par les cordes au fur et à mesure que l'on s'approche de la soupape, de sorte que la section des cordes peut être diminuée en proportion.

Le filet se termine par des *pattes d'oie*,

qui devront diminuer méthodiquement le nombre des mailles et donner un nombre de cordes de suspension variant de 12 à 24, suivant la grosseur du ballon. En traçant les pattes d'oie pour former un cône théo-

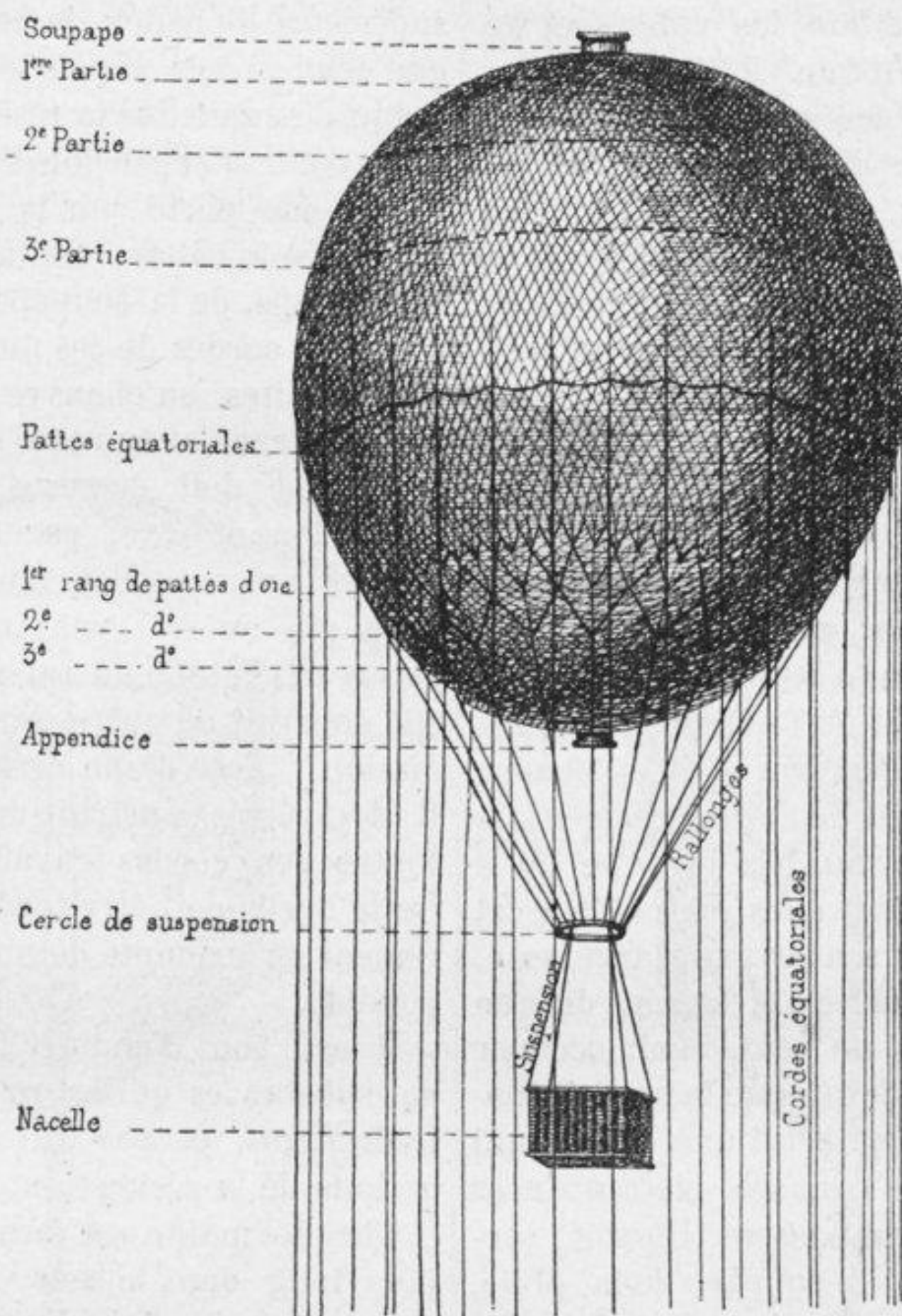


Fig. 426.

rique de suspension avec le ballon gonflé, il en résulte que les cordes qui les composent ne travaillent plus également lorsque ce cône vient à s'allonger par suite du dégonflement partiel du ballon. Mais on obvie à cet inconvénient au moyen de *cosses* auxquelles sont attachées les cordes transmettant l'effort. En cas de diminution du ballon, il s'opérera un léger glissement dans les cosses, de manière à ce que tous les liens restent égaux. Théoriquement, il faudrait ainsi articuler

chaque rang de pattes d'oie, mais pratiquement il suffit de composer ainsi les derniers rangs, car l'élasticité de la corde facilitera la répartition de l'effort pour les rangs précédents.

Des *pattes équatoriales* sont en outre indispensables pour maintenir le ballon contre un coup de vent pendant le gonflement et faciliter le dégonflement après l'atterrissage. Ces pattes équatoriales sont en général en même nombre que les cordes de suspension. On devra donc

diminuer le nombre des mailles par des pattes d'oie. Au moyen d'un système particulier, indiqué par M. Duté-Poitevin, on diminue de moitié la longueur de ces pattes d'oie tout en répartissant les efforts régulièrement. Les pattes équatoriales sont ainsi formées d'un rang de mailles et de trois rangs de pattes d'oie.

A la partie supérieure, le filet se termine par une étoile de cordes entourant la soupape.

Des *rallonges*, cordes plus fortes, relient l'extrémité du filet au cercle de suspension.

Enfin des cordes de suspension servent à relier la nacelle au cercle de suspension.

La figure 426 indique la division du ballon quant aux diverses parties du filet, et le tableau suivant le diamètre des brins pour ces différentes parties se rapportent à un ballon de 16 mètres de diamètre.

DÉSIGNATION DES PARTIES.	SECTION en millimètres.	OBSERVATIONS.
1 ^{re} Partie. — Section réduite au 3/4.....	2.85	Ces données ne peuvent évidemment être observées rigoureusement dans la pratique, et ce sont simplement des indications dont il faut se rapprocher autant qu'on le peut.
2 ^e Partie. — Section réduite au 4/5.....	2.94	
3 ^e Partie. — Section réduite au 9/10.....	3.12	
Restant du filet et 1 ^{er} rang de pattes d'oie.....	3.30	
2 ^e Rang de pattes d'oie.....	4.65	
3 ^e Rang de pattes d'oie.....	6.58	
Rallonges.....	12.10	
Cordes de suspension de la nacelle.....	11.40	
Cordes tissées dans la nacelle.....	16.10	

931. Appendice. — L'appendice dont l'importance est considérable dans les atterrissages, doit avoir une section suffisante pour ne pas laisser échapper le gaz avec une vitesse supérieure à 2 mètres par seconde lorsque le ballon monte avec une vitesse de 4 mètres par seconde (vitesse considérable).

Cet appendice est formé d'un cylindre terminé par une manche de même diamètre donnant libre issue au gaz et venant se fermer par la pression seule de l'air, pour empêcher son entrée dans l'intérieur lorsque le ballon n'est pas plein.

Le cylindre pourra être en zinc de 1^{mm} d'épaisseur, renforcé par deux nervures formant arrêt, pour maintenir la collette du ballon qui y est fixée.

932. Cercle de suspension. — Le cercle de suspension, qui permet la réunion du ballon à la nacelle, est un tube en bois ou métal, mais que nous admettons en laiton en creux de 2^{mm} d'épaisseur. Il est préférable de donner à sa section une forme

ovale (fig. 427) pour que les cordes venant s'y fixer fassent un angle moins aigu et pour augmenter sa force de résistance à la flexion.

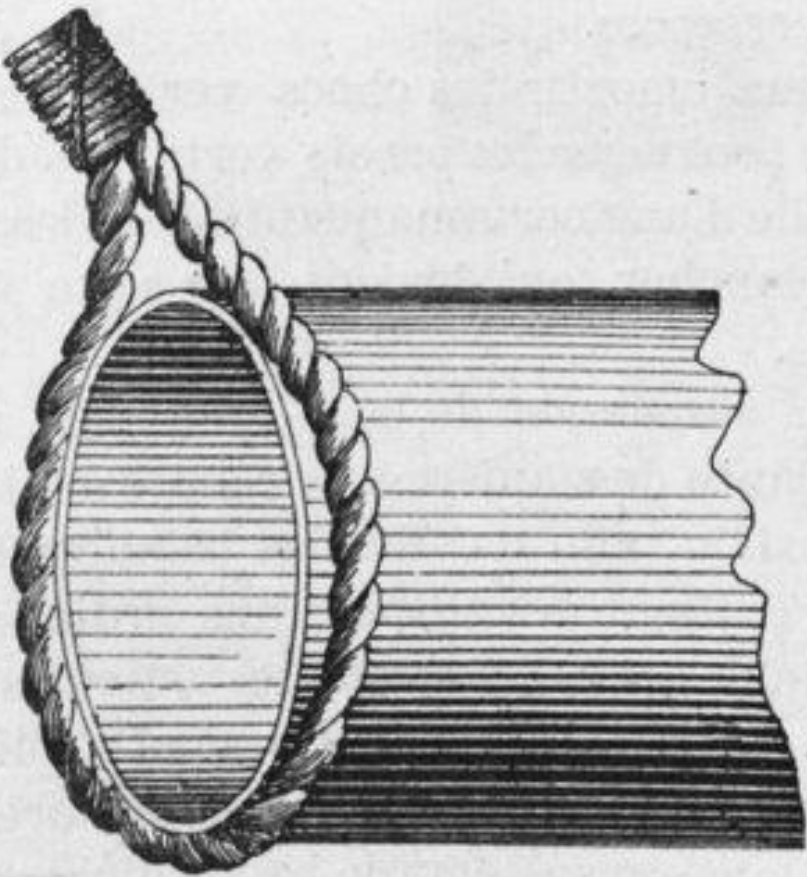


Fig. 427.

Cette section doit être suffisante pour permettre la résistance aux efforts de flexion provenant de ce que les cordes de

suspension ne sont pas au-dessous des cordes de rallonges. Ces efforts sont plus considérables que ceux qui tendent à l'ouvrir, par suite de l'obliquité des cordes de suspension. L'aplatissement doit être tel que le petit diamètre soit la moitié du grand.

933. Nacelle. — La nacelle doit présenter une capacité suffisante pour recevoir les aéronautes et le matériel qui leur est nécessaire. Pour diminuer son poids, elle est construite en matériaux qui présentent la solidité nécessaire sous le poids le plus léger. La forme est indifférente, pourvu qu'elle assure la sécurité, le confort et la facilité de manœuvre et d'observation des voyageurs qui doivent emporter du lest, des vivres et des instruments.

Le lest sera disposé aux quatre coins, dans des soutes placées sous deux banquettes régnant le long des petits côtés. Au milieu de chaque banquette, un compartiment sera réservé, l'un pour les vivres, l'autre pour jeter du lest.

Au centre, une table ronde en osier sert à poser les cartes ou instruments et forme une boîte où seront rangés les objets pouvant se casser au moment de l'atterrissage.

Pour amortir les chocs verticaux, on peut prolonger les parois verticales de la nacelle d'une certaine quantité au-dessous du plancher qui devient par suite élastique.

La suspension de la nacelle doit être combinée de manière à la rendre solidaire du ballon, afin d'éviter les balancements qui résultent des suspensions ordinaires, véritables parallélogrammes articulés.

M. Dupuy de Lôme a posé et appliqué le principe de suspension fréniculaire rigide dans son système de ballon dirigeable. M. Duté-Poitevin propose un système de suspension croisée, qui ne diffère de celui de M. Dupuy de Lôme qu'en ce que le point d'attache central est supprimé. Chaque point d'attache de la nacelle est

relié à deux points du cercle, se trouve par conséquent à l'extrémité d'un triangle indéformable ABC (fig. 428).

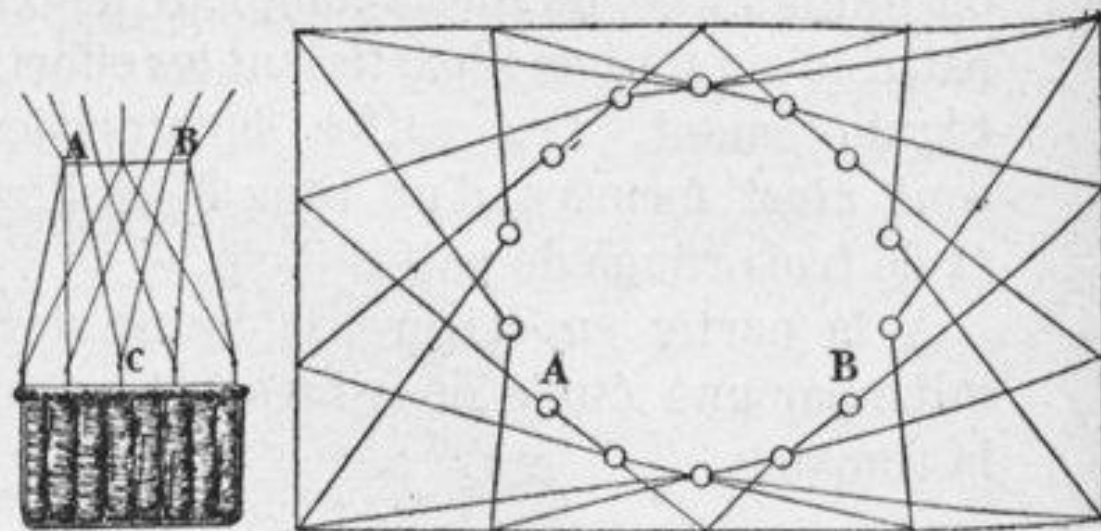


Fig. 428.

934. Cabillots. — Des cabillots sont placés aux attaches de la nacelle, à environ 0^m,08 au-dessus du bord et au cercle de suspension pour recevoir les boucles de rallonges. Ces cabillots, en bois, sont de deux grosseurs.

Pour les attaches de la nacelle, ils ont la forme et les dimensions indiquées dans la figure 429.

Pour les rallonges (fig. 430)

935. Ancre et Corde. La corde d'attache de l'ancre est fixée au cercle, sa section doit être suffisante pour résister à la traction exercée par le ballon soumis à un vent d'une vitesse de 20 mètres par seconde. La longueur est de 80 mètres et son diamètre d'environ 0^m,07. On peut adopter un dispositif permettant de laisser glisser l'ancre au moment de l'atterrissage jusqu'à l'extrémité de la corde.

Nous avons vu (n° 876) le système de herse construit par les capitaines Renard et de la Haye. Pour augmenter sensiblement le frottement sur le sol, M. Jobert a proposé une ancre-sac (fig. 431), qui paraît devoir donner d'excellents résultats. Elle consiste en un cercle de fer tronconique A, qui porte à sa suite un sac de toile de 3 à 4 mètres de long, destiné à contenir la terre que l'anneau légèrement coupant enlève au sol. Ce sac est fermé par un disque en tôle D. Un certain nombre de branches sont fixées au cercle : elles sont terminées par des petites pointes destinées à labourer

le sol. Aux deux extrémités se trouve un anneau qui glisse sous le câble jusqu'à son extrémité. Enfin une *corde traînante* et un *cône-ancre* devront toujours armer la nacelle.

936. Guide-rope. — La corde traînante ou *guide-rope* (n° 805), destinée à amortir la vitesse de descente en arrivant à terre, peut avantageusement être remplacée par la corde d'ancre. C'est Charles Green qui inventa le guide-rope, c'est-à-dire la corde de

sûreté que l'aéronaute, lorsqu'il veut opérer sa descente, fait filer du bord avant de donner le coup de soupape. Cette longue corde en traînant à terre se charge de sable, d'eau, des herbes et des branches qu'elle rencontre, elle agit sur le ballon en marche comme le serre-frein sur le wagon d'un train. Elle prépare ou amortit en ralentissant la course du véhicule aérien, le coup trop violent de la prise des ancres. Quelquefois le guide-rope qui fouaille et fait queue de serpent

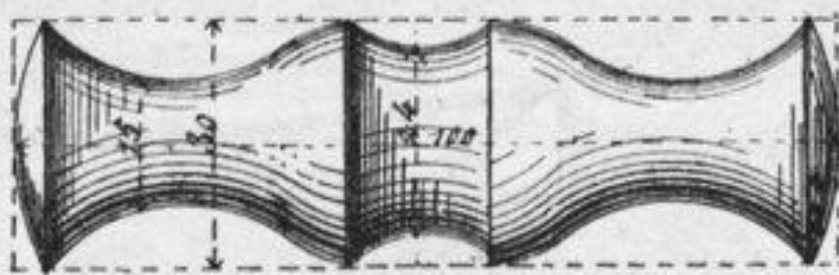


Fig. 429.



Fig. 430.

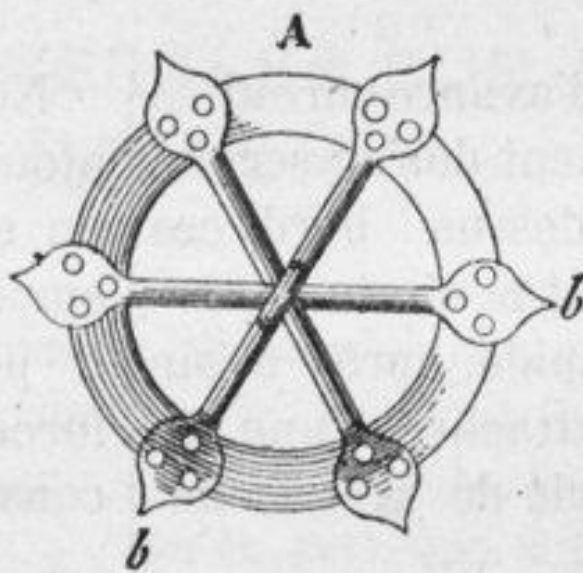


Fig. 431.



sur le sol rencontre un arbre autour duquel il s'entortille et qui le retient, arrêtant ainsi le ballon dans sa course.

937. Cône-ancre. — Le *Cône-ancre*, qui a pour objet de diminuer la vitesse du ballon traîné sur mer, doit avoir une surface telle que, par sa résistance, une vitesse de vent de 20 mètres soit réduite à 5 mètres. Un diamètre de 2 mètres est en général suffisant.

Le regretté Sivel s'est servi avec succès du cône-ancre décrit ci-après (fig. 432). Un cône en toile, dont la base ouverte est formée par un cercle (de 1^m,50 pour un

ballon de 1,000 mètres cubes), est fixé au bout du guide-rope. Dans la descente en mer, le cône plonge d'abord et se remplit d'eau, et l'aérostat remontant, sous l'effet du jet de lest ou par suite de la perte du poids du guide-rope immergé, ne peut enlever ce poids additionnel.

Pour rendre la liberté à l'aérostat rendu ainsi captif, il suffit de tirer une cordelle fixée au fond du cône, qui est alors retourné et vidé du liquide qu'il contient. On jette en même temps du lest pour remonter.

Afin d'éviter les inconvénients du point

d'attache des cordes à la nacelle, à laquelle elles transmettent toute la violence des coups d'amarrages, il est nécessaire d'attacher le guide-rope et les câbles des ancras au cercle même, point intermédiaire entre le double système des cordes de la nacelle et des cordes du filet.

Monsieur Giffard recommande l'emploi

de sangles très larges garnies sur toute leur surface d'une infinité de filaments rigides, couchés à contre-sens et destinées par leur trainage et leur accrochements aux aspérités du sol, à opposer un frottement beaucoup plus énergique que celui qui est fourni, à poids égal, par le *guide-rope*. Ces bandes freins, d'une longueur

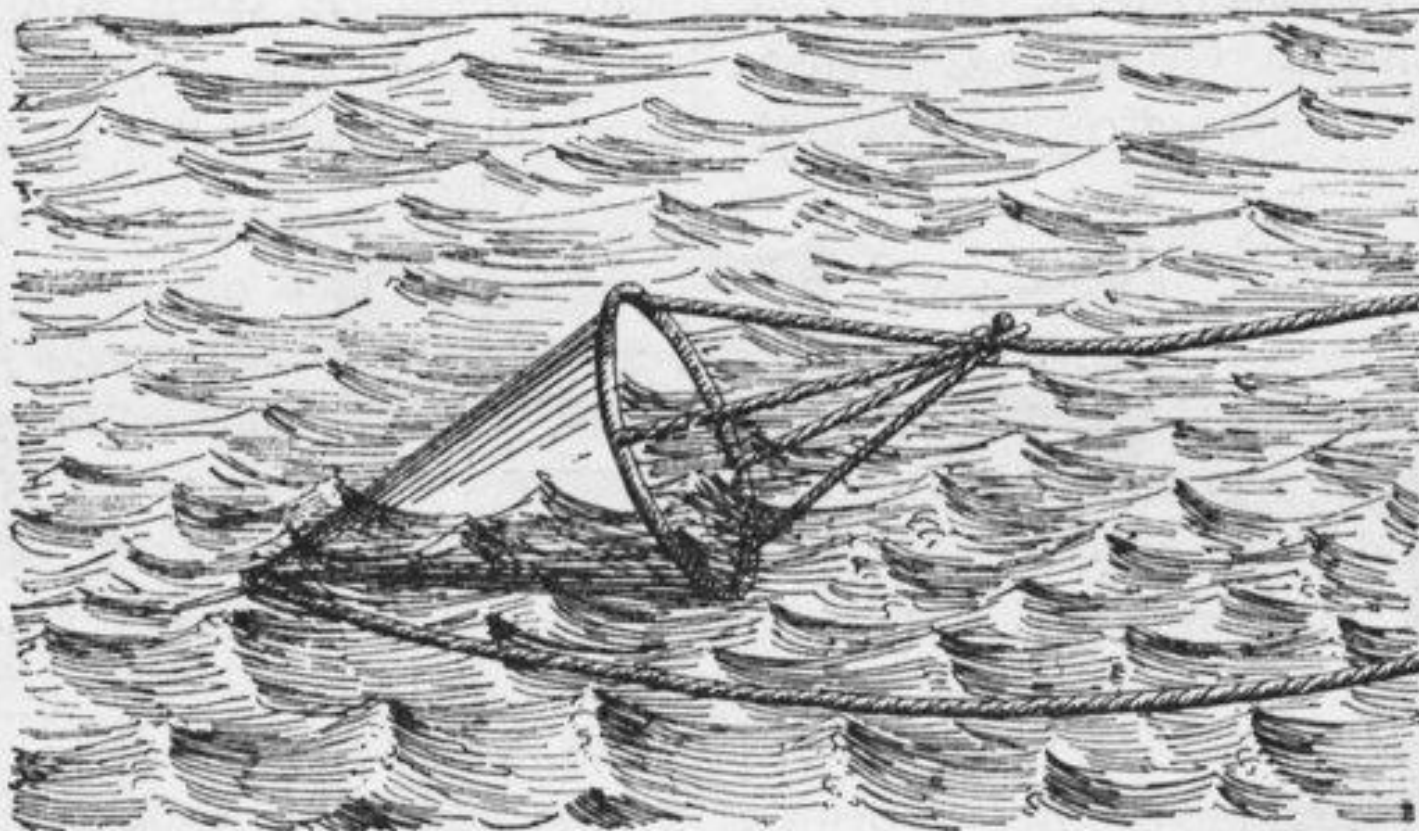


Fig. 432.

suffisante, doivent être d'avance enroulées régulièrement; au moment des'en servir, il suffit de jeter par-dessus bord ces espèces de rouleaux dont la chute détermine le déroulement rapide, après avoir pris la précaution d'attacher l'une de leurs extrémités au cercle de la nacelle.

Nous n'avons rien de particulier à ajouter à ce que nous avons dit (n° 806) au sujet du lest et des instruments à emporter dans la nacelle. Le nombre et le poids des sacs de lest dépendent de la force ascensionnelle que l'aéronaute veut conserver.

§ II. — REMPLISSAGE DES BALLONS

938. *Par le gaz hydrogène.* — Avant de faire pénétrer ce gaz dans le ballon, il est bon de disposer sur son trajet un tube plein de chaux vive, qui dépouille le gaz de son humidité et arrête la petite quantité de gaz acide carbonique qui peut s'y trouver mélangée. En sortant de ce tube, le gaz hydrogène arrive dans le ballon en passant par un tuyau de caoutchouc.

On a souvent admis que le ballon ne doit être rempli qu'aux deux

tiers environ avant l'ascension, pour permettre au gaz qui le gonfle de se dilater à mesure que le ballon s'élève, sinon ce gaz, qui a une pression égale à celle de l'air ambiant, laquelle diminue avec l'altitude, pourrait amener la rupture de l'enveloppe par un excès de pression.

Alors l'aérostat ne se gonfle complètement qu'en s'élevant, et sa force ascensionnelle reste à peu près constante jusqu'à ce qu'il ait atteint son volume

définitif. Le gonflement du ballon est d'ailleurs réglé en raison de la hauteur à atteindre.

Mais il est prouvé actuellement qu'il vaut mieux partir avec un ballon plein, car, lors de la dilatation du gaz, l'excédent s'échappera par l'appendice. On aura ainsi une plus grande réserve de lest.

Le ballon doit, au début du gonflement, pouvoir être élevé ou abaissé d'une certaine hauteur, pour faciliter l'introduction du gaz, mais lors qu'il est rempli d'une certaine quantité, il faut le retenir au moyen des pattes équatoriales (n° 930).

939. Par le gaz d'éclairage. — On substitue quelquefois le gaz d'éclairage à l'hydrogène pur, vu la facilité avec laquelle on peut se le procurer presque partout. Mais, en raison de sa densité beaucoup plus grande, on est obligé de doubler le volume de l'aérostat pour obtenir la même force ascensionnelle.

Pour gonfler le ballon au gaz d'éclairage, il suffit d'adapter aux conduits de distribution ordinaires un tuyau de caoutchouc ou de cuir, d'un assez grand diamètre, arrivant jusqu'à l'intérieur du ballon.

940. Montgolfières. — L'emploi des montgolfières est aujourd'hui très limité, en raison des dangers auxquels elles exposent aussi bien les aéronautes que les pays au-dessus desquels elles passent.

Pour lancer une montgolfière, il suffit d'allumer du feu au-dessous de l'orifice. L'air intérieur s'échauffe et provoque, par sa dilatation, l'ascension de l'appareil. Pour maintenir cet air à la température voulue on entretient du feu dans un fourneau placé à la base du ballon, au moyen d'étoupes imbibées d'esprit-de-vin, de paille arrosée de pétrole ou d'essence de térébenthine, etc. On comprend que c'est la présence de ce fourneau qui peut être la cause d'accidents.

§ III. — CONDITIONS GÉNÉRALES SUR LA MANŒUVRE DU BALLON

941. Conditions d'équilibre. — Un ballon en suspension dans l'air n'est en équilibre stable, en règle générale, que dans deux cas :

1° Quand il est plein et que le volume d'air déplacé est exactement égal au poids total de l'aérostat ;

2° Quand il est en partie plein et que l'excès du poids de l'aérostat sur le poids du volume d'air déplacé est porté par le sol, soit au moyen de la nacelle, soit au moyen d'une corde traînante.

Ainsi, lorsqu'un ballon plein est en équilibre dans une couche d'air, il ne pourra monter plus haut que s'il devient plus léger, soit par suite d'une projection de lest, soit par suite d'une dilatation de gaz, et cette stabilité sera d'autant plus grande que le gaz dont il est gonflé sera plus léger.

Il en résulte que la cause qui fera descendre le ballon ne sera nullement changée pendant la descente. Il ne s'arrêtera qu'en arrivant à terre, où il se trouvera dans le deuxième cas d'équilibre énoncé plus haut. En réalité cette cause qui fait descendre le ballon ira en augmentant au fur et à mesure qu'il se rapprochera de terre.

Un aéronaute ayant un peu de pratique sait parfaitement que plus le ballon est haut au moment de la descente, plus il faudra jeter de lest pendant la chute pour ne pas toucher le sol trop brusquement, et cette quantité de lest qu'il faut absolument conserver pour amoindrir la vitesse est à peu près proportionnelle à la hauteur.

Tout cela est indépendant des circonstances particulières qui peuvent se pré-

senter, telles que : disparition du soleil derrière un nuage ou condensation sur l'étoffe du ballon, circonstances qui ne peuvent qu'augmenter la vitesse de chute.

Enfin aux causes extérieures viennent s'ajouter celles qui sont inhérentes à la construction.

942. Causes de rupture d'équilibre. — Comme nous l'avons dit plus haut, le ballon ayant atteint sa couche d'équilibre est stable à la montée. Ce qu'il faut éviter ou combattre, ce sont les tendances à descendre. Les causes qui amènent la rupture d'équilibre sont de deux sortes :

1° Celles provenant des pertes de gaz, soit volontaires par l'ouverture de la soupape, soit permanentes par les fuites. L'ouverture de la soupape amènera la descente du ballon dans les conditions indiquées plus haut, et si l'aéronaute ne veut pas opérer sa descente, il serait obligé de jeter une quantité de lest qui serait précisément égale au poids de l'air déplacé par le volume du gaz lâché, moins le poids de ce volume de gaz, et cette quantité sera toujours plus considérable si le ballon est déjà descendu. D'après cela, les fuites, qui sont des pertes permanentes de gaz, entraînent des projections continues de lest.

2° Celles provenant des phénomènes extérieurs, c'est-à-dire la disparition du soleil derrière un nuage, la diminution dans l'intensité du rayonnement des surfaces placées sous le ballon, le refroidissement du gaz par rayonnement de l'enveloppe du ballon ; condensation ou pluie se déposant sur le ballon.

Toutes ces causes ont pour effet presque instantané de rompre l'équilibre et de déterminer la descente, de sorte qu'un voyage aérien se compose d'une série de bonds de plus ou moins d'amplitude et de hauteur.

Le maintien dans l'air d'un ballon ne pourra donc être obtenu qu'en projetant le lest presque continuellement. Si l'aéronaute veut rester en suspension le plus longtemps possible, il devra à chaque ins-

tant être attentif pour saisir dès le début la moindre tendance à descendre de son aérostat, la combattre immédiatement et la prévenir même en certains cas particuliers. C'est à ce prix seul que l'aérostat sera maintenu en suspension dans l'air avec le minimum de lest, et par suite la durée de l'ascension sera plus longue. C'est pourquoi encore il faut partir avec une très faible force ascensionnelle puisque ce sont des sacs de lest contenus dans la nacelle qui constituent le surplus de cette force.

En partant le matin, on a l'avantage de prolonger la durée de l'ascension. Le soir, au contraire, la diminution constante, de la température diminue la force ascensionnelle.

On peut considérer la manœuvre de la soupape comme une cause certaine de la diminution de la durée du voyage, et en principe, à moins qu'on ne veuille opérer sa descente, on ne devra jamais y toucher.

Ces quelques conditions générales sur la manière de manœuvrer un ballon font bien ressortir l'impossibilité de se diriger en choisissant à son gré les courants d'air pour aller dans une direction plutôt que dans une autre. Le ballon libre, tel que nous venons de le supposer, et tel qu'il a été jusqu'à présent entre les mains de l'aéronaute, est une molécule de l'atmosphère dans laquelle il est plongé, et dont la marche est absolument la même que celle du courant qui l'entraîne.

Loin de ressembler au navire qui se dirige et gouverne en orientant ses voiles parce qu'il est sur la surface de séparation de deux fluides inégalement denses, et qu'il peut se servir de l'un, en prenant appui sur lui, pour lutter contre l'autre, le globe aéronautique, au contraire, placé dans un milieu homogène, est entraîné avec le fluide qui le baigne de toutes parts ; les vents l'emportent où ils vont eux-mêmes sans lutte possible.

Tout l'art de celui qui conduit le ballon consiste à le maintenir en suspension

le plus longtemps possible, pour augmenter la durée du voyage. Les causes qui abrègent cette durée sont nombreuses, celles sur tout qui sont extérieures.

Quant aux autres, celles qui dépendent de la construction et de la manœuvre, on doit chercher à les diminuer le plus possible par une construction rationnelle et une bonne disposition des divers organes.

945. Orientation.—L'aiguille aimantée,

qui sert de guide dans la navigation maritime, ne peut s'appliquer à la navigation aérienne, car il ne suffit pas de connaître la direction du nord-sud, il faut encore pouvoir comparer cette direction avec une autre ligne, que rien ne donne en plein air, comme le fait le sillage du navire en mer. Il faudrait, par suite, rester ou revenir assez près de terre pour reconnaître le chemin parcouru ou le point où l'on est.

CHAPITRE XI

CONCLUSIONS

944. Résumé. — En résumé, l'aérostation militaire existe officiellement dans la plupart des armées de l'Europe, où l'on est occupé d'avoir un matériel pour ballons captifs réunissant les meilleures conditions possibles, en attendant que l'on soit arrivé à une solution pratique et définitive pour les ballons dirigeables. Mais il est actuellement admis en principe qu'on ne pourra plus, à l'avenir, se priver des services que doit rendre l'aérostation militaire, et que nous allons rappeler brièvement.

En campagne, grâce aux ballons, le général peut être tenu continuellement au courant des positions, non seulement de l'armée ennemie, mais de la sienne propre, ce qui lui permettra de s'assurer que ses ordres sont bien exécutés et de faire rectifier ou modifier ses dispositions en conséquence de celles de l'ennemi. Actuellement que la connaissance du terrain est d'une si grande importance en campagne, il n'est pas de meilleur observatoire qu'un ballon en présence de l'ennemi.

Dans un siège, surtout avec le concours de la photographie, l'attaque et la défense arriveront par ce moyen à connaître l'emplacement des troupes, des

batteries, des travaux, de sorte qu'il n'y aura plus de défilement possible, et que les effets du tir, même indirect, seront d'une précision absolue, puisqu'on pourra observer les coups et par suite rectifier le tir.

On a réalisé bien des progrès et apporté de nombreux perfectionnements, raisonnés et méthodiques, qui, en résumant ou en atténuant les inconvénients qui s'opposeraient à l'emploi des ballons, ont fait entrer la question dans une voie sagement pratique. Mais il s'en faut de beaucoup que les ballons soient connus, au point de vue militaire, de manière à être fixé exactement sur les services qu'on peut en tirer dans les diverses circonstances, les dangers auxquels ils peuvent exposer dans les divers cas; en un mot, on n'a pas encore fait d'une façon complète et sûre toutes les expériences que comporte le sujet.

945. Expériences à faire. — Les divers points au sujet desquels il serait important d'être fixé d'une manière absolue sont d'une manière générale les suivants :

1° Gonflement des ballons dans les conditions les plus difficiles ;

2° Études des courants régnants à

diverses hauteurs pour diriger le ballon dans de certaines limites ;

3° Distance à laquelle le ballon n'a rien à craindre des projectiles de diverses espèces ;

4° Organisation la meilleure d'un parc de ballon et de son équipage ;

5° Mode d'emploi le plus judicieux de ce parc ;

6° Conditions exactes de résistance des vents pour les ballons dirigeables ;

7° Système de signaux le plus pratique suivant les cas ;

8° Utilisation de la photographie instantanée ;

9° Nature et proportion du gaz résistant le mieux aux dangers d'explosion des projectiles ;

10° Moyens de laisser tomber des projectiles au-dessus d'une position ennemie.

Toutes ces questions et bien d'autres encore devraient faire l'objet d'expériences méthodiques, permettant d'établir pour la navigation aérienne des règles aussi exactes que celles de la navigation maritime.

Dans tous les cas, nous avons la légitime satisfaction de constater que personne n'a devancé la France et ses officiers dans l'étude des questions se rattachant à l'aérostation militaire, et nous pouvons en conclure que, quels que soient les progrès à réaliser, les modifications à introduire, l'organisation à effectuer, notre pays continuera à ne pas se laisser devancer dans cette branche.

Le matériel a été l'objet d'études intelligentes qui l'ont amené bien près de la perfection en ce qui concerne les ballons captifs.

946. Personnel. — Le personnel, qui a besoin d'une instruction spéciale et d'une grande expérience pratique, peut se diviser en deux parties : les observateurs et l'équipage, que l'on cherche partout à dresser et à former.

Les observateurs, en général des officiers, doivent avoir une grande habitude,

car celle-ci seule peut leur permettre de distinguer et d'apprécier clairement et nettement les objets sous leur véritable aspect. Ils seront en général munis de cartes ou de plans, à l'aide desquels ils pourront s'orienter et sur lesquels ils porteront les indications nécessaires. Ils ont besoin de posséder du sang-froid, un coup d'œil rapide et sûr et une grande aptitude. L'aéronaute, qui est en même temps capitaine, pilote et matelot, doit connaître parfaitement les diverses conditions qui peuvent influencer sur la marche de son ballon et savoir agir en conséquence. Il va sans dire qu'il faut qu'il soit familiarisé avec l'usage des divers instruments : thermomètres, baromètres, sextants, etc., dont il aura à se servir.

L'équipage doit être rompu aux fatigues et parfaitement exercé dans sa spécialité, au point de savoir exécuter rapidement et en toute circonstance ce qui constitue son rôle. Les hommes qui le composent, choisis généralement parmi les ouvriers de profession, doivent être calmes et de sang-froid et être en mesure de réparer les petits dommages qui pourraient survenir dans le matériel. Ce personnel arrivera, s'il a le sentiment du devoir et l'amour de son métier, à s'attacher à son ballon comme le matelot à son navire, et il doit être toujours prêt à le défendre jusqu'à la dernière extrémité.

Avec un ballon bien conditionné et un personnel exercé et instruit, la navigation aérienne ne présente aucun danger. L'opération la plus difficile est l'atterrissage par de forts vents ou des mauvais temps, mais les moyens dont on dispose actuellement donnent aux aéronautes la possibilité de triompher aisément de ces difficultés. D'ailleurs en France, ce ne sera jamais le péril qui arrêtera les aéronautes, ainsi que l'ont montré de nombreux exemples que nous avons cités.

Nous devons encore faire remarquer en terminant que l'emploi des ballons à la guerre n'a guère été tenté d'une manière

pratique que pendant les guerres de la Révolution, pendant celle de la sécession des États-Unis et pendant le dernier siège de Paris.

Encore les résultats obtenus n'ont-ils pas été bien considérables parce qu'ils n'avaient pas été préparés. Il n'en sera certainement plus de même à l'avenir.

Au Tonkin et en Afrique, on n'a obtenu qu'un effet plutôt moral, quoique avec des moyens bien organisés, mais il faut tenir compte des conditions particulières de l'emploi des ballons militaires, qu'on a voulu utiliser là surtout à titre d'essais.

947. *Avenir de la navigation aérienne.*

Nous terminerons notre exposé de la question des ballons au point de vue militaire, en résumant ici l'appréciation que le commandant Renard a émise à ce sujet dans une *Conférence sur la navigation aérienne* faite à la Société de secours des Amis des Sciences.

D'après lui, nous sommes à la veille de naviguer librement dans l'air, comme on le fait sur mer, et c'est notre pays qui possèdera la première flottille de l'air.

Il faut remarquer, en ce qui concerne la navigation maritime, que l'instabilité des corps entièrement immergés a empêché jusqu'ici la réalisation pratique des navires sous-marins. Ces navires s'enfoncent pour peu qu'une cause quelconque vienne à les alourdir. Malgré tous les perfectionnements apportés récemment et qui rendent les navires sous-marins relativement stables, ceux-ci sont loin de pouvoir soutenir la comparaison avec les navires flottants.

La navigation serait donc bien primitive, si l'on n'avait eu que des bateaux sous-marins pour parcourir l'océan. Or le navire aérien navigue entre deux airs, et l'instabilité du ballon est analogue à celle des bateaux-plongeurs.

Le problème de la direction des ballons est présenté à un double point de vue : en air calme et dans l'air réel. En air calme, on peut dire que le problème serait

résolu, avec un ballon remplissant les conditions suivantes :

1° Donner à l'aérostat une forme allongée analogue à celle des navires ;

2° Assurer la permanence de sa forme au moyen d'un ballonnet intérieur ;

3° Compléter la stabilité longitudinale en reliant la nacelle au ballon par une suspension rigide à réseaux triangulaires ;

4° Installer un propulseur de dimensions convenables et le commander par le moteur ayant la plus grande énergie avec le plus faible poids ;

5° Placer à l'arrière, comme dans les bateaux, un gouvernail permettant de changer la direction de la route.

On peut voir d'après cela que les principes généraux de la navigation aérienne ne diffèrent pas de ceux de la navigation maritime à vapeur, et si la solution du problème est encore incomplète pour la navigation dans le milieu aérien, c'est au vent qu'il faut l'attribuer, parce qu'on n'est pas arrivé encore à combattre toujours son influence par des engins suffisamment puissants et légers en même temps.

Or la condition absolue d'une direction complète dans tous les sens est que la vitesse propre du ballon soit supérieure à celle du vent.

Il est vrai que cette condition peut être relative, car un ballon remplissant les conditions énoncées plus haut ne sera pas dirigeable, tous les jours, quelle que soit sa vitesse propre, mais il le sera d'autant plus souvent que sa vitesse sera plus grande.

En pratique, on peut donc admettre qu'un ballon sera réellement dirigeable, lorsque sa vitesse propre sera supérieure à celle des vents habituels de la région où l'on opère. Il résulte de mesures de vitesse de l'air faites à Chalais qu'un ballon dirigeable, ayant une vitesse propre de 12^m,50 par seconde, pourrait évoluer dans tous les sens 815 fois sur 1000 et 450 fois sur 1000 avec la vitesse de 6^m,50 à laquelle on est arrivé déjà.

Dans ces conditions, les services rendus par les ballons seraient bien suffisants, de sorte qu'il est permis de poser en principe que les ballons seront pratiquement dirigeables, lorsqu'on sera arrivé à leur assurer une vitesse propre de 12^m,50 par seconde (45 kilomètres à l'heure) et à leur conserver cette vitesse pendant dix à douze heures.

Le problème sera donc résolu par le progrès continu des moteurs et par la diminution des résistances à la marche des ballons dans l'air. La découverte finale consiste par suite à trouver le moyen de réaliser des moteurs beaucoup plus puissants sous un poids donné que ceux dont on dispose actuellement.

En attendant, le commandant Renard ajoute qu'il suffit de doubler encore une fois la vitesse de 6^m,50 déjà obtenue pour avoir résolu complètement le problème de la navigation aérienne par ballon, qu'il poursuit actuellement cette œuvre qui, selon toutes les vraisemblances, sera très prochainement accomplie.

Non seulement ce résultat lui paraît certain, mais il prévoit que l'on ne s'arrêtera pas là et ses aperçus à ce sujet sont assez originaux pour que nous croyions devoir les reproduire textuellement :

« Avant de terminer, je tiens à dire quelques mots des appareils de vol mécanique, désignés souvent sous le nom d'appareils *plus lourds que l'air*, et dont on a longtemps attendu la solution du problème de la navigation aérienne.

« Frappés de la simplicité apparente du merveilleux appareil de locomotion des oiseaux et des insectes, les partisans exclusifs du plus lourd que l'air ont sans cesse déclaré qu'il fallait imiter le vol naturel et renoncer à diriger les ballons, que leur volume énorme et leur fragilité

semblaient condamner à jouer éternellement le rôle de bouée inerte. Nous venons de voir que cette opinion est trop absolue, mais nous nous garderons bien d'imiter l'esprit de système de nos contradicteurs et nous dirons très franchement que nous croyons, pour l'avenir, à la réalisation d'appareils volants plus lourds que l'air.

« Ces appareils auront nécessairement une vitesse bien plus grande que les ballons dirigeables et permettront d'exécuter de grands voyages avec une rapidité incomparable, mais il faudra pour cela réaliser sur les moteurs des progrès si grands qu'il s'écoulera peut-être bien des années avant que le premier navire volant ait réussi à quitter le sol.

« En attendant, nous voyageons en ballon dirigeable ; mais il arrivera ceci : les moteurs se perfectionneront sans cesse, les vitesses des ballons augmenteront peu à peu, comme ont augmenté les vitesses des navires à vapeur, et un jour peut-être ces vitesses seront telles que la résistance à vaincre deviendra égale ou même supérieure au poids de tout l'appareil moteur.

« A ce moment seulement on pourra se demander s'il ne vaut pas mieux supprimer le flotteur aérien et employer la force motrice à soulever directement l'appareil. Pour un ballon analogue à *la France* (celui qui a servi aux expériences de Meudon), ce moment critique sera atteint quand la vitesse de l'aérostat sera de 20 mètres par seconde. Nous sommes bien loin de ce résultat, et quand nous y serons arrivés, les ballons dirigeables auront donc rendu d'immenses services. Depuis longtemps ils parcoureront le globe dont ils auront permis d'achever la conquête géographique. »

SCIENCES APPLIQUÉES A L'ART MILITAIRE

CINQUIÈME PARTIE

PONTS MILITAIRES

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS SUR LES PASSAGES DES RIVIÈRES

948. MESURES GÉNÉRALES. — L'exécution d'un passage de rivière comprend :
1° Les opérations militaires qui doivent précéder et accompagner le passage ;
2° l'établissement des moyens de passage.

949. OPÉRATIONS MILITAIRES. — *Les opérations militaires qui doivent précéder et accompagner le passage d'un cours d'eau* sont du domaine de la stratégie et de la tactique ; nous nous bornerons à les esquisser en quelques mots.

Le passage d'une rivière est appelé *offensif* lorsqu'il est destiné à permettre à l'armée de se porter en avant ; il est au contraire appelé *passage en retraite* lorsqu'il a pour but de permettre à l'armée de battre en retraite.

Le passage offensif d'une rivière d'une certaine largeur est une opération très difficile et très hasardeuse, lorsque l'ennemi est en force sur l'autre rive pour s'y opposer. Aussi cherche-t-on le plus généralement à tromper la surveillance

de l'adversaire, et à effectuer le passage rapidement, dans un endroit mal gardé.

Une opération de ce genre demande donc une certaine préparation préliminaire, un grand secret, une exécution très rapide.

950. PRÉPARATION D'UN PASSAGE OFFENSIF. — *La préparation consiste dans ce qui suit :* 1° Reconnaissance du cours d'eau ;

2° Choix du point de passage ;

3° Détermination du nombre de ponts nécessaires ;

4° Rassemblement du matériel et des moyens d'exécution sans donner l'éveil à l'ennemi ;

951. RECONNAISSANCE DES COURS D'EAU. — I. La reconnaissance du cours d'eau doit porter sur les points suivants :

(a) Forme du cours d'eau, ses coudes, son régime, forme de la vallée.

(b) Largeur et profondeur du cours d'eau, ou, en d'autres termes, profil aussi

exact que possible aux endroits qui paraissent propres à un passage, nature du fond.

(c) Nature des rives, îles, bois, gués ou autres accidents locaux.

(d) Vitesse du courant dans les points importants.

(e) Détermination de l'emplacement des ponts permanents, des digues, des barrages, ainsi que des routes, canaux et chemins de fer de la vallée.

(f) Destructures et travaux de défense effectués par l'ennemi.

(g) Ressources que peut offrir le pays pour construire ou réparer les ponts.

Une semblable reconnaissance est faite au moyen d'une carte à grande échelle, que l'officier devra vérifier et compléter. Il y joindra un rapport clair et précis, où il aura soin de distinguer ce qu'il a vu par lui-même de ce qu'il a appris par des renseignements dont il n'a pu vérifier l'exactitude. Il y ajoutera les croquis et dessins nécessaires pour qu'on puisse se rendre un compte exact du cours d'eau. Les instruments employés sont : une lunette, une boussole, un télémètre, une sonde, un cordage divisé, des flotteurs, etc. L'officier sera accompagné d'aides sachant conduire une nacelle et de gardes sûrs.

a. — *La forme générale du cours d'eau* est donnée par la carte ; il suffira de lever à une échelle plus grande les coudes que l'on jugera favorables à l'établissement du passage ; on étudiera de même le régime du cours d'eau, c'est-à-dire ses crues, et ses différents états aux diverses époques de l'année, l'influence de la marée qui se fait sentir à une assez grande distance dans les pays plats ; on indiquera également la forme de la vallée dont les eaux forment la rivière.

b. — *La largeur du cours d'eau* sera mesurée, aux endroits importants, au moyen d'un cordage tendu fortement d'une rive à l'autre et soutenu de distance en distance par des nacelles, de manière à diminuer la flèche. Si la rivière est trop large, on peut

partager la distance en mettant plusieurs nacelles à l'ancre, ou bien encore en employant les télémètres ou les procédés géométriques. Le procédé le plus simple consiste à jalonner sur la rive du départ une ligne AB (fig. 433) sensiblement paral-

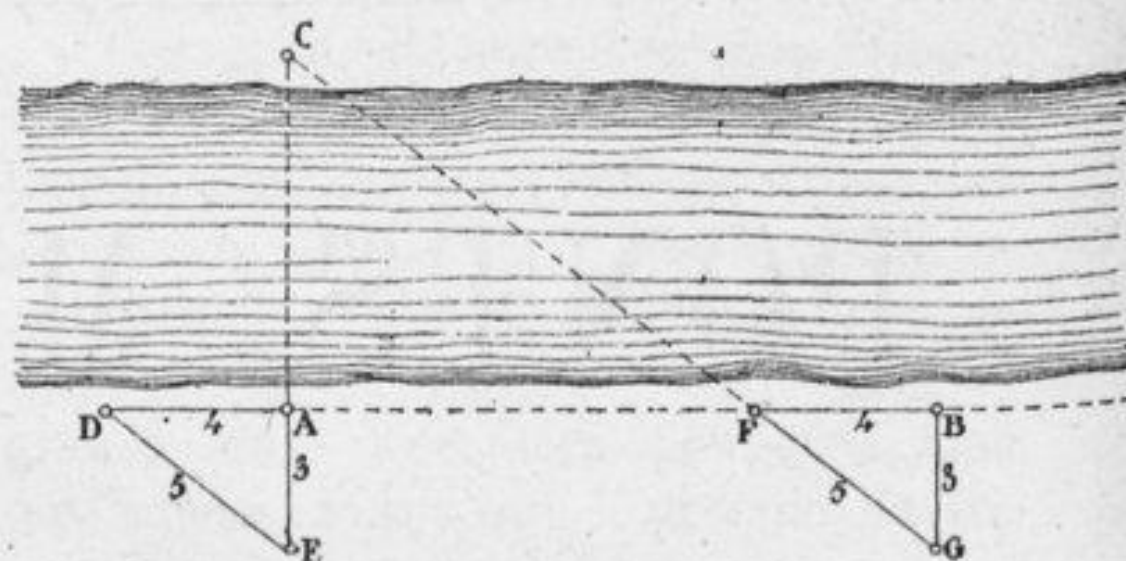


Fig. 433.

lèle à cette rive et aussi rapprochée d'elle que possible ; sur la rive opposée on choisit un point C facile à reconnaître, et à l'aide d'un triangle de cordes ADE, dont les côtés ont respectivement 3, 4 et 5 mètres, de telle sorte que EA soit perpendiculaire sur AB (ce qui résulte de l'équation $ED^2 = EA^2 + AD^2$), on détermine le pied A de la perpendiculaire abaissée du point C sur la ligne AB. — Cela fait, on déplace parallèlement à lui-même le triangle de cordes tout tendu à la ligne AB, jusqu'à ce que l'hypothénuse FG, soit dans le prolongement du point C. A cause de la similitude des triangles CAF et BFG on a l'équation suivante :

$$\frac{AC}{AF} = \frac{BG}{BF}, \text{ d'où } AC = \frac{AF \times BG}{BF} = AF \times \frac{3}{4}$$

Ou, en d'autres termes, la largeur cherchée AC est égale aux $\frac{3}{4}$ de la longueur AF, que l'on mesure facilement sur le terrain.

Pour mesurer les profondeurs du cours d'eau aux différents points où doivent se trouver les supports du pont, on se sert d'un cordage divisé tendu comme il a été dit pour mesurer la largeur, et l'on jette la sonde aux points de division. On observe en retirant la sonde si le fond est vaseux, sablonneux ou rocheux, et l'on note ces observations.

c. *La nature des rives* sera soigneusement indiquée, surtout pour les endroits importants. Le rapport devra faire connaître si elles sont basses ou escarpées, marécageuses ou en terrain solide, s'il sera nécessaire d'y pratiquer des rampes d'accès, si elles sont boisées ou découvertes ; il indiquera également s'il se trouve des îles dans le cours de la rivière et quelles sont leurs dimensions, si elles sont boisées ou découvertes, à quelle distance elles se trouvent des rives ; les gués, s'il en existe, seront soigneusement reconnus et repérés ; ils devront avoir au plus 0^m,80 de profondeur maximum pour l'artillerie, 1 mètre pour l'infanterie, 1^m,30 pour la cavalerie, le fond doit être solide ; on reconnaîtra les sentiers ou les chemins qui y conduisent, et l'on plantera dans le lit de la rivière un piquet sur lequel on marquera la hauteur des eaux au moment de la reconnaissance.

d. *La vitesse* d'un cours d'eau varie non seulement dans les divers points du cours, mais aussi dans une même section transversale de la rivière ; elle est moindre au fond et sur les bords, à cause du frottement, que au milieu. Le *thalweg* est la position du filet d'eau qui se meut avec la plus grande vitesse, il correspond souvent avec le milieu de la rivière, mais cela n'a pas toujours lieu. Un cours d'eau a une rapidité moyenne quand sa vitesse est de 0^m,80 à 1^m,50 par seconde.

Pour mesurer la vitesse d'un courant, on repère sur la rive deux points distants de 30 à 50 mètres, on fait choix d'un flotteur léger tel qu'un morceau de bois ou une petite fiole bien bouchée et aux trois quarts remplie d'eau ; on place ce flotteur dans le thalweg un peu en amont des deux points repérés, afin qu'il ait le temps de prendre la vitesse de l'eau, puis on note exactement le temps que ce flotteur met à parcourir l'espace compris entre les repères, et on obtient la vitesse cherchée en divisant la distance de ces repères par le nombre de secondes observées.

La vitesse moyenne est environ le $\frac{4}{5}$ de la vitesse maximum à la surface.

e. *La détermination de l'emplacement des ponts permanents, des digues, des barrages, ainsi que des routes, chemins de fer et canaux dans la vallée*, est une simple question de topographie, mais elle devra être exécutée avec le plus grand soin. Il y aura lieu aussi d'indiquer la nature des ponts, leur largeur, ainsi que celle des digues et des barrages. On fera de même connaître si les routes sont carrossables, si les canaux sont navigables et le nombre de voie de chemin de fer.

f. *Les destructions et travaux de dépense effectués par l'ennemi*, sont mentionnés avec soin. On indiquera l'importance des destructions, la grandeur des brèches, la nature des parties détruites (piles, arches, travées, supports, etc.) et l'état dans lequel se trouvent les parties restantes du pont détruit. Les travaux de défense seront indiqués sur la carte, mais il en sera de plus fait un croquis à vue aussi exact que possible, et le rapport devra reproduire toutes les indications qu'on aura pu recueillir sur le nombre et la nature des ouvrages, leur agencement, leur armement, etc.

g. *Les ressources que peut offrir le pays* seront l'objet d'une attention particulière de la part de l'officier chargé de la reconnaissance. Il indiquera la nature des matériaux ou des moyens de passage que l'on peut se procurer dans les environs et leur distance jusqu'aux points de passage. Les matériaux peuvent être des planches, des madriers, des bois en grume, des pièces de bois, des pièces de fer, des cordages, etc... ; les moyens de passage sont les barques, les bateaux, les tonneaux, les voitures, etc... que l'on peut rencontrer dans certain rayon.

Les renseignements fournis par la reconnaissance serviront à permettre au général en chef de fixer le ou les points de passage et d'arrêter toutes les mesures nécessaires, ainsi qu'il va être dit ci-après.

952. CHOIX DU POINT DE PASSAGE. —
 2° *Le choix du point de passage* est guidé par les considérations suivantes : Il est très important de pouvoir envelopper et couvrir des feux croisés de l'artillerie et même de l'infanterie, la rive ennemie sur laquelle on veut déboucher. On choisira donc autant que possible un endroit où la rivière forme une boucle dont la convexité est tournée du côté de l'assaillant (*fig. 434*), à condition que cette boucle ait

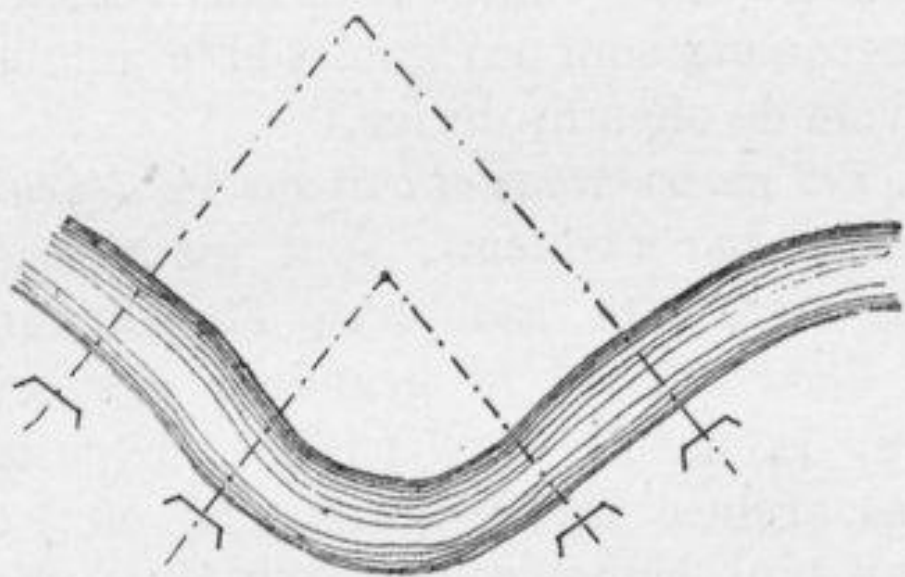


Fig. 434.

une certaine longueur pour permettre à l'armée de se déployer une fois le pont franchi. On cherchera également à profiter des îles qui divisent en plusieurs parties l'espace à franchir, masquent les préparatifs et rendent ainsi l'exécution plus facile et plus sûre.

De même, si l'on est le maître d'un affluent d'un cours d'eau à traverser, on choisira de préférence le point de passage un peu en aval du confluent, et l'on se servira de l'affluent pour y préparer les moyens de passage hors des vues de l'ennemi et les transporter ensuite sur place en suivant le courant.

Bien d'autres considérations peuvent encore guider dans le choix du point de passage : la facilité des communications, l'existence de moyens de passage ou de matériel à proximité, une facilité et une sécurité beaucoup plus grandes dans l'établissement, etc.

953. NOMBRE DE PONTS À ÉTABLIR. —
 3° *Le nombre de ponts à établir* dépend

de l'effectif de l'armée; on tient à avoir autant que possible un pont par division (durée de la traversée, 6 heures une fois le pont construit), ou tout au moins un pont par corps d'armée (durée de la traversée 12 heures). On fera en sorte également d'avoir deux ponts en un même point, afin d'accélérer le passage et surtout pour que si l'un d'eux vient à se rompre pour une raison quelconque, les communications avec l'autre rive ne soient pas interrompues, comme cela a eu lieu à Essling en 1809. Comme exemple de passage de rivière, nous citerons celui des Allemands en 1870, au moyen de six ponts jetés sur la Moselle à Novéant, à peu de distance les uns des autres. Lors de la journée du 16, à la suite du refoulement de leurs troupes sur Thionville, ils construisirent trois nouveaux ponts, afin de pouvoir passer rapidement sur l'autre rive en cas de retraite. Au contraire, l'armée française n'avait eu pour passer la Moselle en retraite que trois ponts sur un espace de 15 kilomètres, ce qui contribua à retarder le passage et à augmenter la fatigue des troupes, de sorte que le passage, commencé le 14 au matin, ne fut achevé que le 15 au soir.

954. RASSEMBLEMENT DU MATÉRIEL ET DES MOYENS D'EXÉCUTION. — 4° *Le rassemblement du matériel et des moyens d'exécution* s'effectue en faisant avancer les équipages de pont et les troupes spéciales qui doivent les construire; le matériel qui manque est confectionné sur place, au moyen des ressources que présente la région à ce point de vue. On emploiera au rassemblement du matériel tous les moyens de transport dont on pourra disposer et le nombre d'auxiliaires qui sera nécessaire, mais il est de la plus haute importance que les troupes techniques puissent se mettre à l'œuvre sur-le-champ, et que leur travail ne soit pas interrompu par suite du manque de matériel.

Nous allons examiner dans le chapitre II en quoi consiste ce matériel.

CHAPITRE II

MATÉRIEL

955. *Espèce de matériel.* — Le matériel employé pour la construction des ponts militaires comprend :

1° Des voitures ;

2° Des agrès, engins et outils ;

3° Des cordages ;

4° Des supports.

§ I. — VOITURES

956. *Espèce de voitures.* — Les voitures employées dans les équipages de ponts sont les suivantes :

1° Le chariot de parc à basses ridelles (*fig. 435*) ;

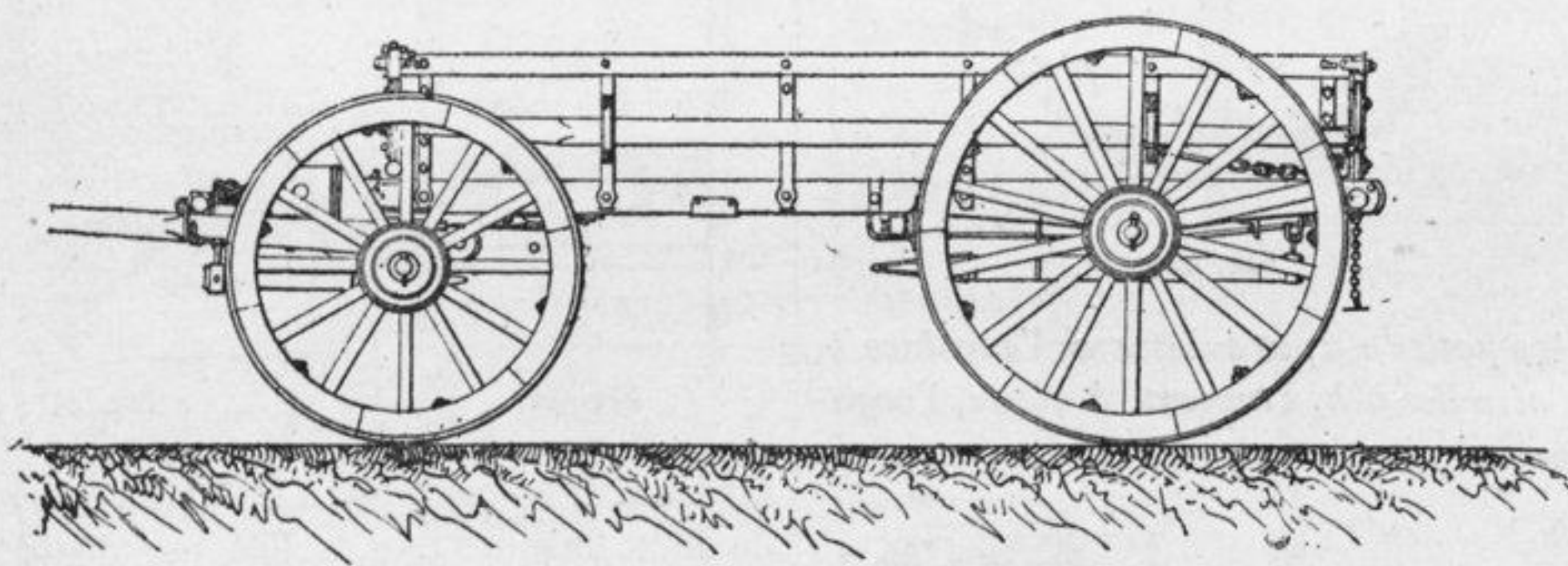


Fig. 435.

2° La forge de campagne modèle 1827, semblable à celle employée dans l'artille-

rie (Voir *Traité d'Artillerie*, matériel) ;

3° Le haquet modèle 1853 (*fig. 436*).



Fig. 436.

§ II. — AGRÈS, ENGINS, OUTILS

957. *Ancre à jas en fer* : longueur totale 1^m,62, envergure 0^m,90, (fig. 437). Les organes essentiels sont : la *verge* *a b*, la *croisée* *c b d*, qui comprend les *bras* *e f*

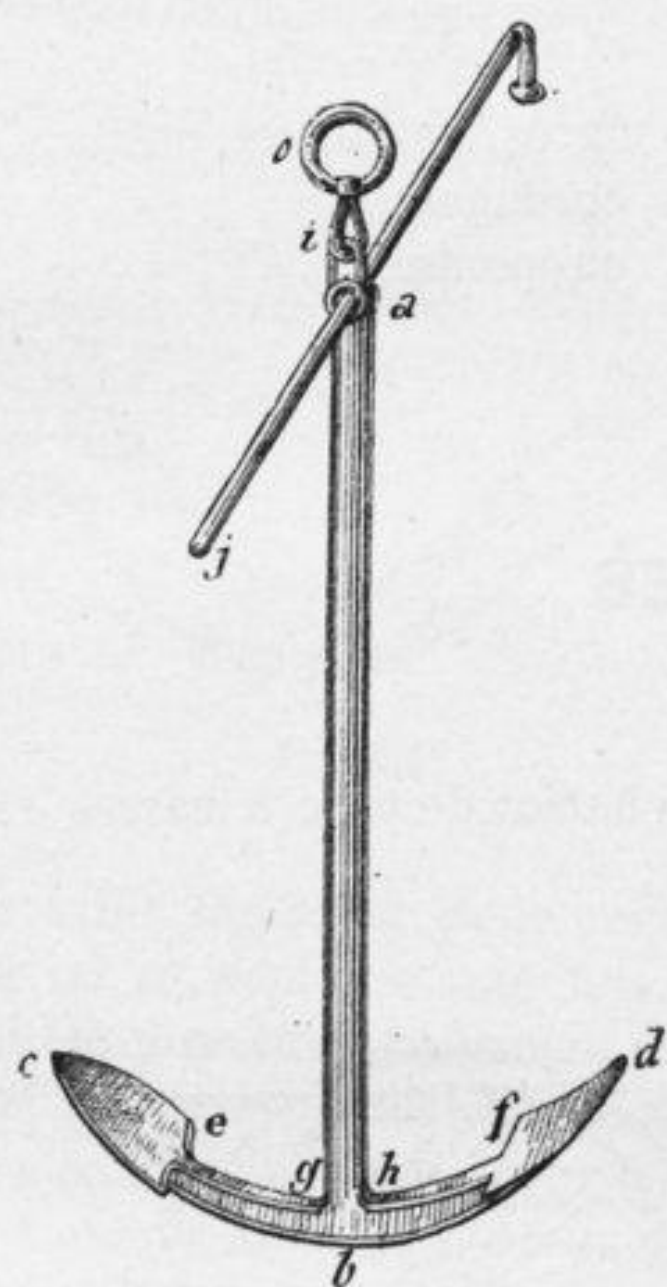


Fig. 437.

et les *pattes* *c d*, la *culasse* *a*, l'*encolure* *b*, les *aisselles* *g h*, l'*anneau à tige* *i*, l'*organe* *o*, le *jas* *j*.



Fig. 438.



Fig. 439.

L'*ancre à pour* but de créer, sur le fond d'un cours d'eau, un point fixe pour l'a-

marrage. Sa résistance, dans un fond de gravier dur, est de 580 kilog.; arrêté par le bec d'une patte, il faut une tension de 3,000 kilog. pour la mettre hors de service.

Agrafe pour bateaux, en fil de fer, (fig. 438).

Billot de guindage; morceau de bois cylindrique de 0^m,63 de longueur et 0^m,04 de diamètre.

Bouée, baril ou corps flottant (fig. 439).

Broches en fer, de 0^m,30, 0^m,24 et 0^m,18 de longueur.

Cabestan (fig. 440). Cet engin sert à faire effort sur un câble pour haler un



Fig. 440.

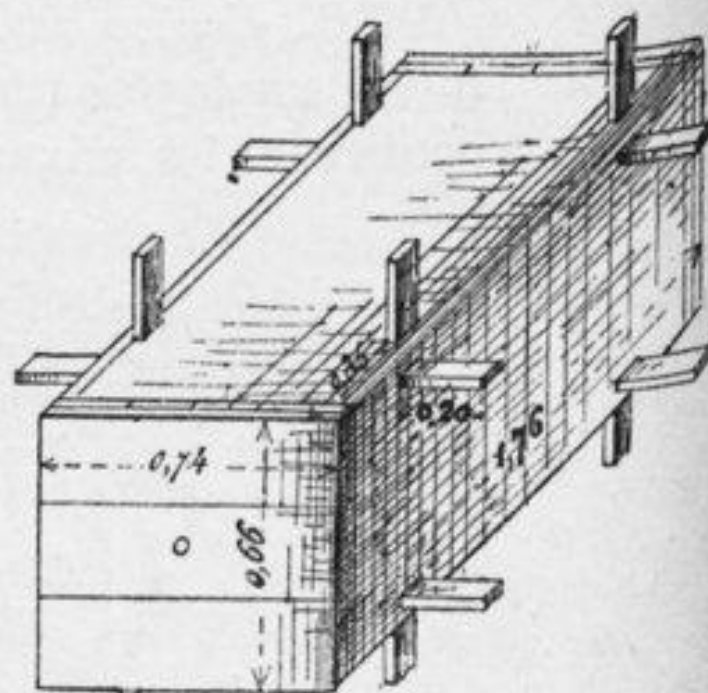


Fig. 441.

fardeau. Il se compose d'un *châssis* formé de deux *flasques* *a a*, reliés par des *traverses* ou *épars* *b b*, portant un *treuil* *c* percé vers les extrémités de deux *mortaises*. Ce *treuil* est manœuvré au moyen de quatre *leviers* pouvant s'engager dans les *mortaises*.

Caisse d'ancrage (fig. 441). Caisse en *madriers* de 0^m,04 d'épaisseur, consolidée par huit *traverses* et pouvant contenir environ 1,000 kilogr., de gravier. Elle est percée d'un trou au centre de chaque petite face, pour permettre d'introduire le cordage d'*ancre*. Cette caisse

est destinée à tenir lieu d'ancre, lorsque celle-ci fait défaut.

Chèvre. La chèvre est un engin qui sert à élever les fardeaux. On en distingue de plusieurs espèces :

1° *La chèvre à pieds*, qui est employée

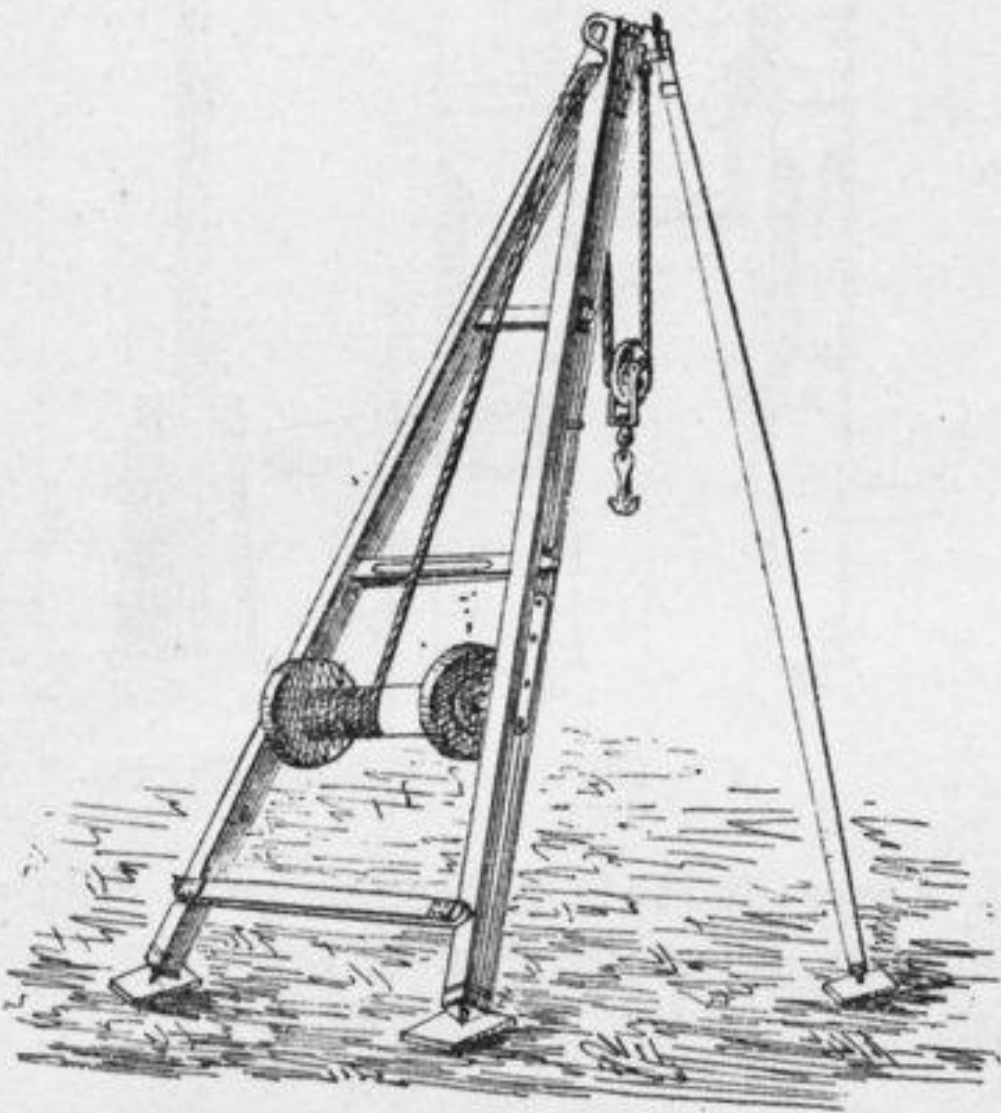


Fig. 442.

principalement pour charger des corps très lourds sur des voitures (fig. 442) ;

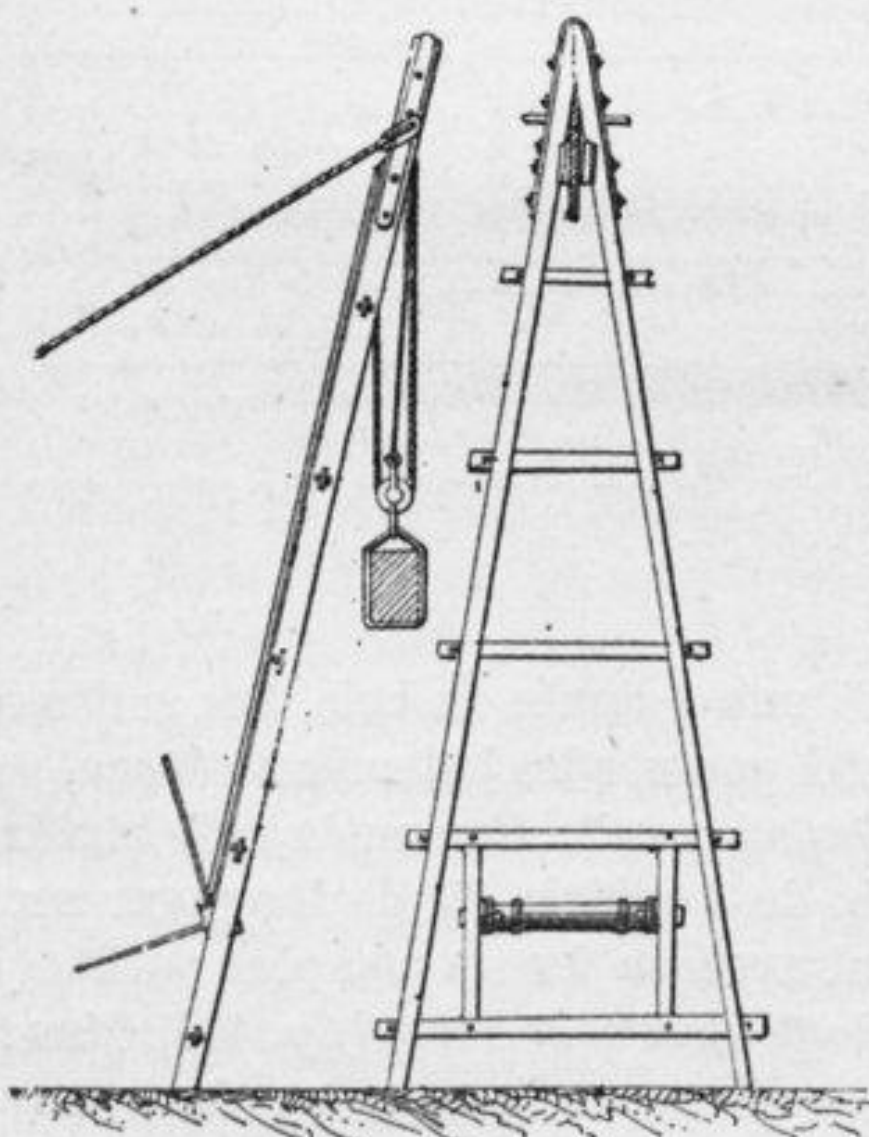


Fig 443.

2° *La grande chèvre*, qui sert à élever mailles. Les dimensions intérieures du

des pièces de charpente à une certaine hauteur et n'est pas munie de pieds ; elle est maintenue à l'inclinaison de 75 à 80° au moyen de haubans (fig. 443).

Ciseau de calfat (fig. 444). Il y en a de différentes largeurs de tranchant : 0^m,045, 0^m,050, et 0^m,055.



Fig. 444.

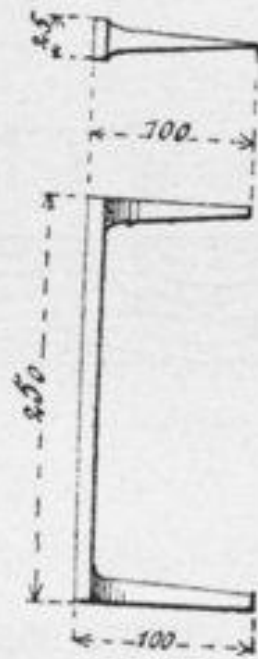


Fig. 445.

Clameau à une face (fig. 445). Les deux pointes sont perpendiculaires au-dessous du corps et tournées du même côté.

Clameau à deux faces (fig. 446). C'est le clameau à une face, dont le corps est tourné de gauche à droite au milieu de sa longueur, de manière que les directions des deux pointes se croisent à angle droit.

Collier de guindage (fig. 447). Il se compose d'un étrier, d'une bride et de deux

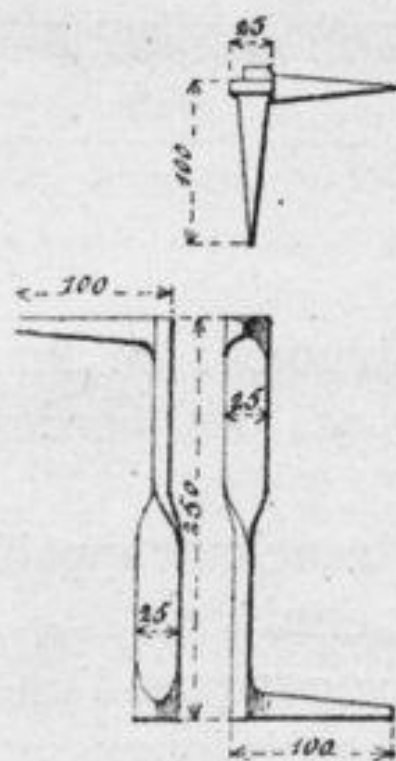


Fig. 446.

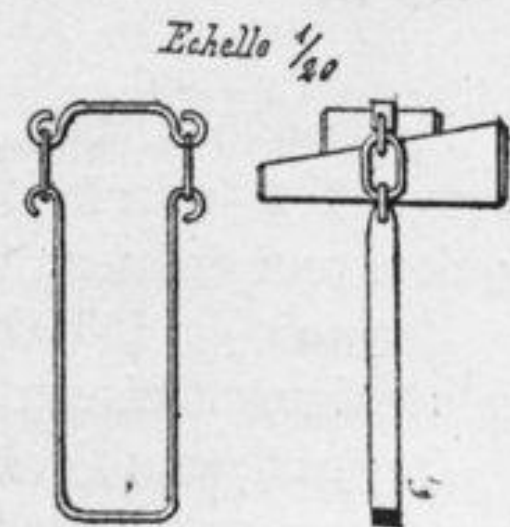


Fig. 447.

collier fermé sont d'environ 0^m,50 sur 0^m,13 ; il sert à relier deux ou plusieurs poutrelles juxtaposées. Pour cela, on place le collier de manière à embrasser les poutrelles à réunir, et l'on consolide l'assemblage en chassant deux coins en sens contraire entre la bride et les poutrelles.

Corps morts (fig. 448). Pièce de bois de

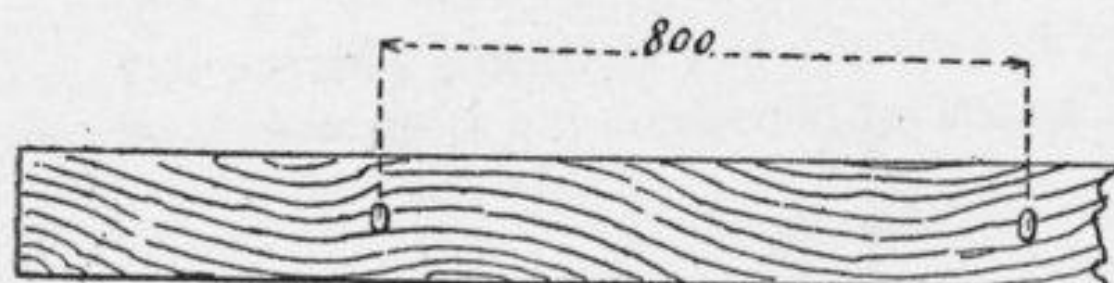


Fig. 448.

0^m,16 d'équarissage et 4^m,10 de longueur, portant cinq crochets de pointage.

Cric (fig. 449), dont tout le monde connaît l'emploi et le genre d'utilité.

Dame (fig. 450), dont l'usage est bien connu.

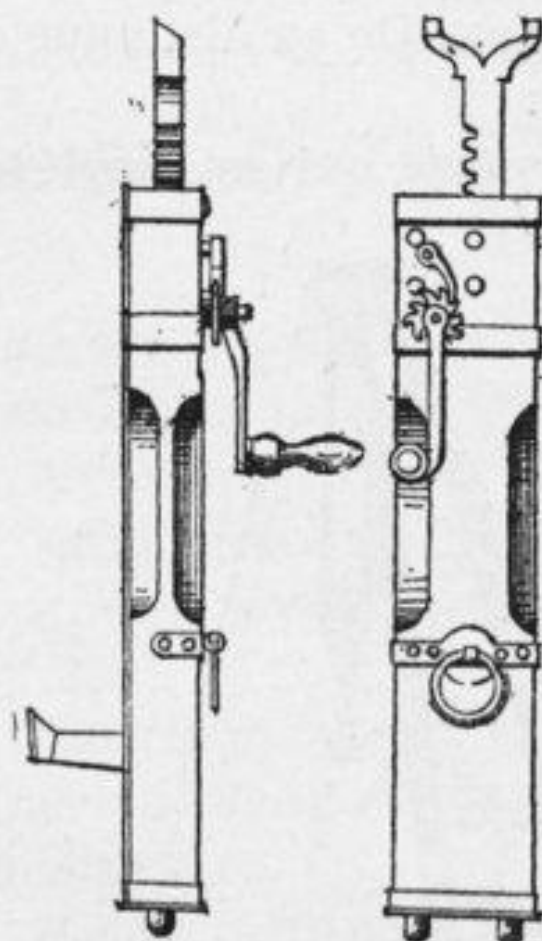


Fig. 449.



Fig. 450.

Ecope (fig. 451). Espèce de pelle creuse en bois, servant à épuiser l'eau.

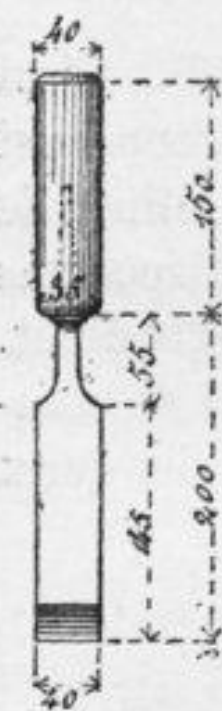


Fig. 453

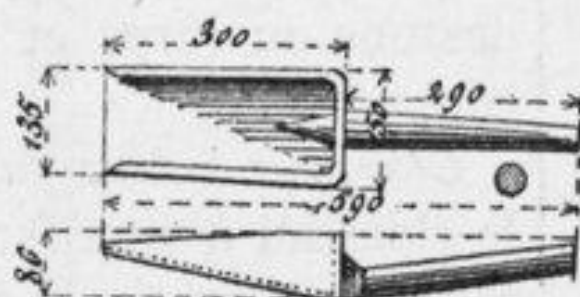


Fig. 451.

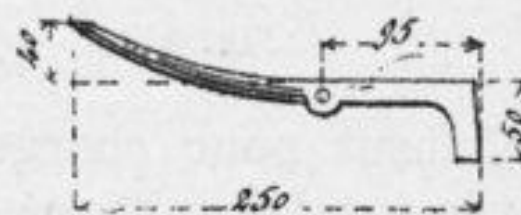


Fig. 452.

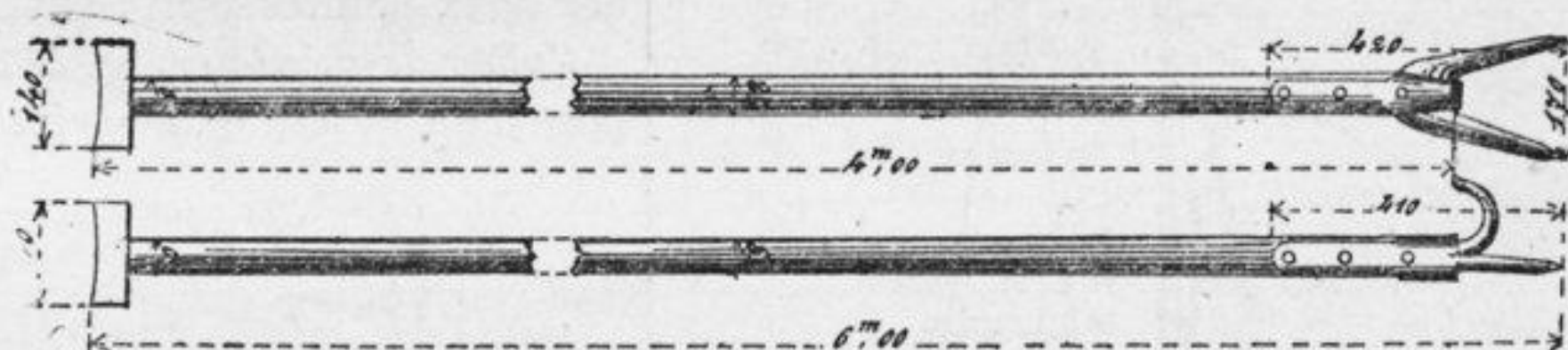


Fig. 454 et 455.

Epissoir (fig. 452). Instrument en fer, servant à ouvrir le bout des cordes qu'on veut épisser.

Fermeoir (fig. 453). Outil tranchant appelé généralement ciseau de menuisier.

Gaffe à bateau (fig. 454), se compose d'une perche ou manche de 4 mètres de longueur, au bout duquel est fixé un fer en forme de fourche. Le manche porte à son extré-

mité une poignée en bois. Les gaffes servent à pousser les bateaux au large.

Gaffe à nacelle. Comme la gaffe à bateau, mais de 3 mètres 50 de longueur seulement avec un fer un peu plus petit.

Gaffe à pointe et à croc (fig. 455). Manche de 6 mètres de longueur ; fer composé d'une pointe droite et d'un croc.

Grappin (fig. 456), sert à repêcher les

ancres et les cordages ; se compose d'une tige terminée par un piton qui reçoit un anneau ; quatre branches.

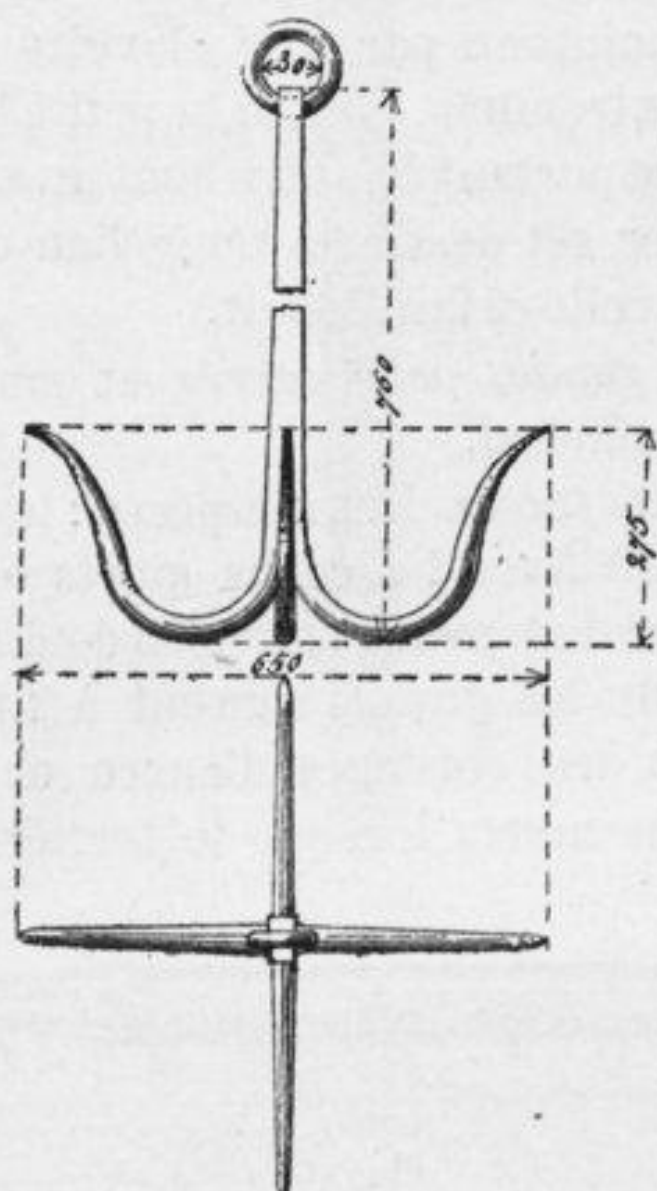


Fig. 456.

• *Harpon* (fig. 457), sert à arrêter les corps flottants. Est terminé à une extrémité

par un taillant, à l'autre bout par un piton à talon, muni d'un anneau.

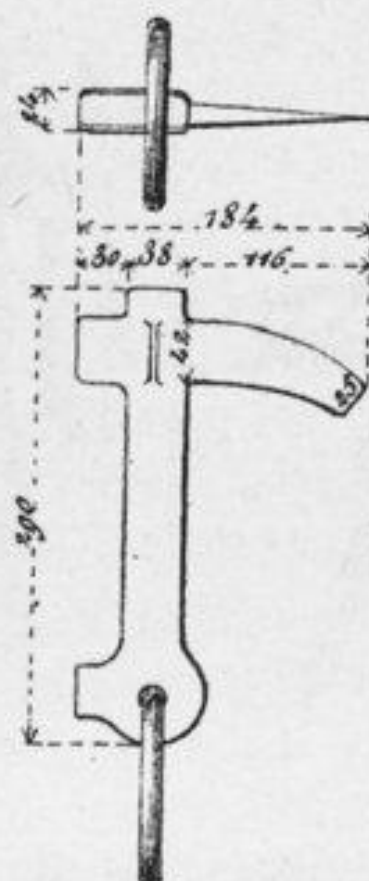


Fig. 457.

Lanterne à signaux à trois couleurs, (blanc, vert, rouge), sourde au besoin.

Longuerine (fig. 458). Les longuerines sont des pièces de bois de 8 à 9 mètres de longueur et de 0^m,15 à 0^m,20 d'équarrissage ou de diamètre, portant une cheville d'arrêt à 0^m,20 environ d'une de leurs extrémités et munies à l'autre extrémité

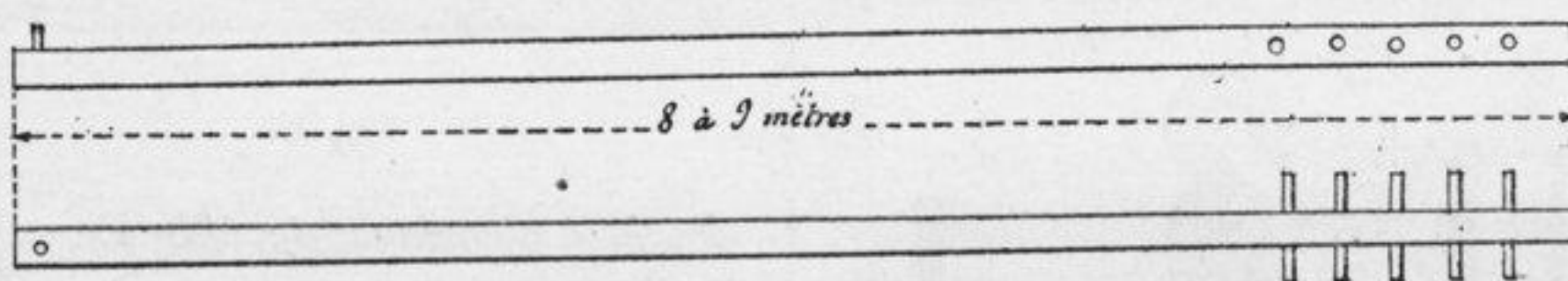


Fig. 458.

de quatre à cinq trous de manœuvre. On peut facilement improviser ces engins au moyen de forts poteaux télégraphiques ou de madriers accolés réunis par des boulons.

Madrier (fig. 459). Longueur 3^m,90, largeur 0^m,333, épaisseur 0^m,04. Les madriers

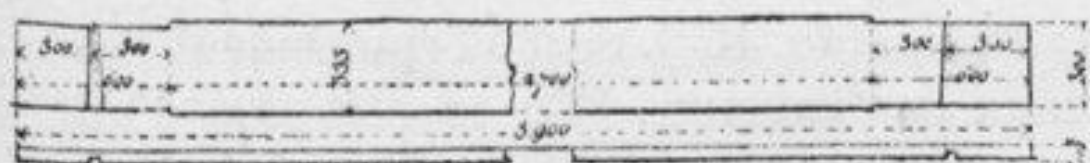


Fig. 459.

sont installés pour le passage des commandes de guindage ; ils sont consolidés

par des clefs en chêne à leurs deux extrémités ; ils sont destinés à établir le tablier du pont.

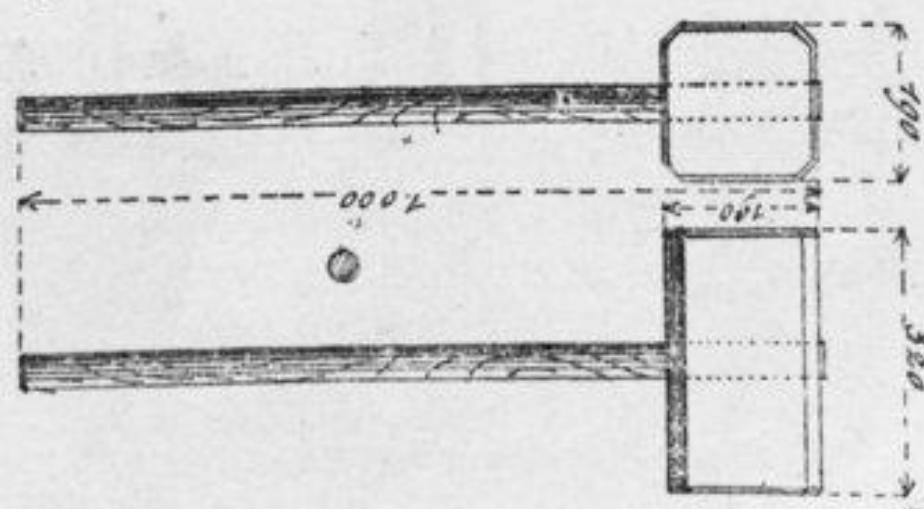


Fig. 460.

Masse en bois (fig. 460), pour enfoncer les pieux ou piquets.

Moufle de trawle (fig. 461), a pour but de substituer un frottement de roulement au



Fig. 461.

frottement de glissement dans le passage d'une trawle d'une rive à l'autre.

Mouton à anses (fig. 462), sert à assujettir les chevalets sur le fond des cours d'eau.

Mouton à bras (fig. 463), se compose d'un corps cylindrique portant trois bras et six poignées.

Palan (fig. 464), est composé de deux moufles équipés avec un cordage. Il sert à tendre un câble, ou bien à traîner ou élever un fardeau.

Panier d'ancrage (fig. 465). C'est un pa-

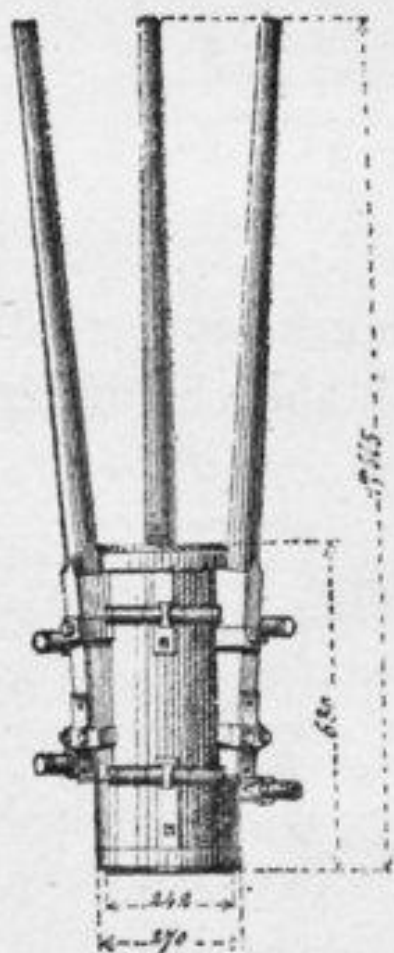


Fig. 463.

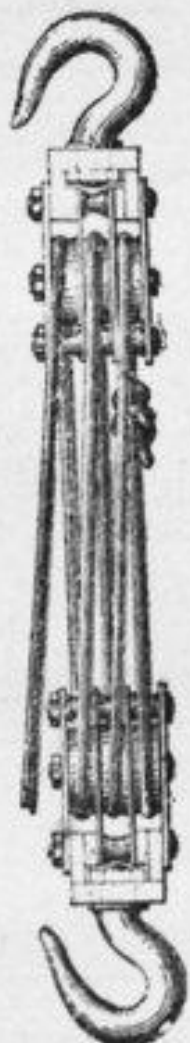


Fig. 464.

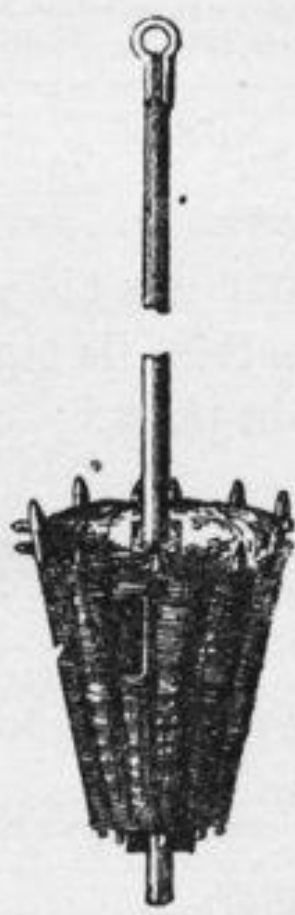


Fig. 465.

nier en clayonnage de forme tronconique, d'une capacité de 0^m,500 environ. Ce pa-

nier peut contenir une charge de 800 kilogrammes de gros graviers qu'on introduit par une ouverture latérale ménagée dans le clayonnage. Il est traversé par un arbre maintenu par une clavette à l'une de ses extrémités, contre la petite base du panier, et portant à l'autre bout un anneau. Ce panier est destiné à tenir lieu d'ancre lorsque celle-ci fait défaut.

Pelle ronde, pelle carrée et pioche du modèle général.

Piquets ferrés. Deux espèces : les petits servant à fixer les corps morts ont une longueur de 1 mètre et 0^m,095 de diamètre (fig. 466); les grands servent à fixer les amarres, les cordages d'ancre et même les corps morts lorsque le terrain a peu



Fig. 466.

de fermeté; ils ont 1^m,30 de longueur et 0^m,11 de diamètre (fig. 467).

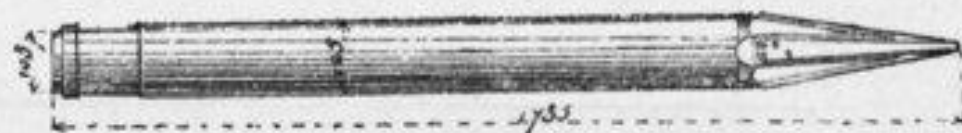


Fig. 467.

Poche à clameaux (fig. 468). En cuir.

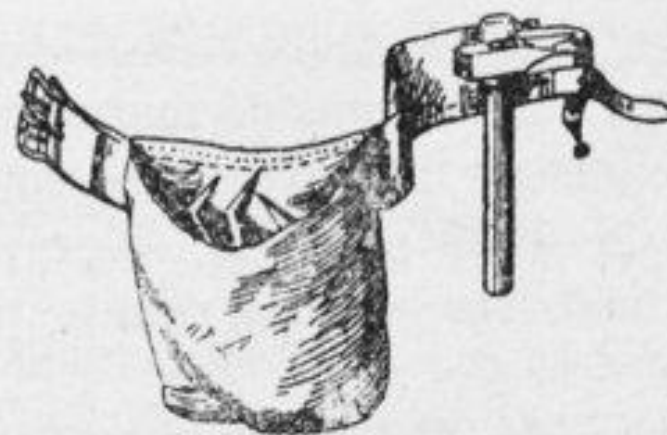


Fig. 468.

Pompe (fig. 469). Sert à l'épuisement des eaux des bateaux. Elle se compose d'un corps de pompe en bois, de 1^m,30 de longueur, 0^m,15 de diamètre extérieur et 0^m,08 de diamètre intérieur. Elle est actionnée au moyen d'un piston pourvu d'un

manche et d'une poignée. L'eau s'écoule

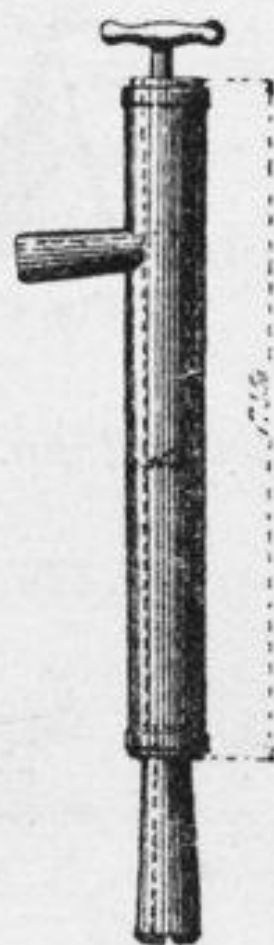


Fig. 469.

par un goulot en bois adapté au corps de pompe au-dessous de son orifice supérieur. A l'autre extrémité du corps de pompe se trouve un cône tronqué en bois creux, pourvu d'une soupape en cuir et d'un tampon. Cette pompe est très simple, très facile à réparer et donne un grand débit.

Poutrelles à griffes (fig. 470). Ces poutrelles sont en bois de sapin; elles ont 6 mètres de longueur et 0^m,12 d'équarrissage. Elles portent à chaque bout une griffe en chêne pouvant embrasser le chapeau du chevalet, et sont munies à chaque extrémité d'un anneau de manœuvre.

Poutrelles de culée (fig. 471). Longueur 6^m,30, équarrissage 0^m,12; percées de deux trous parallèles entre eux à 0^m,65 des bouts.

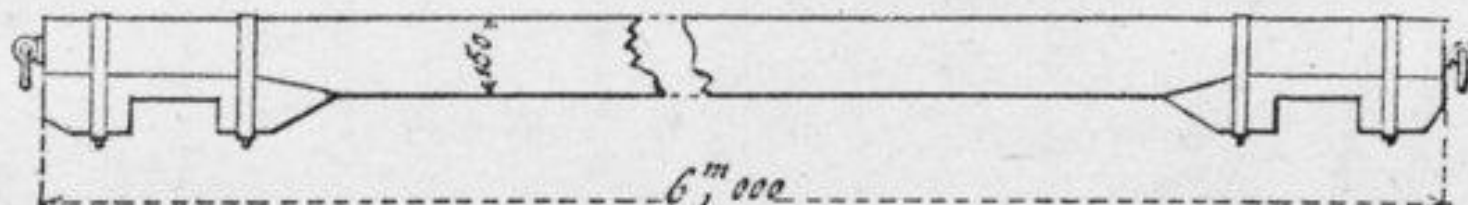


Fig. 470.

Poutrelles ordinaires (fig. 472). Longueur 8 mètres, équarrissage 0^m,12; percées de

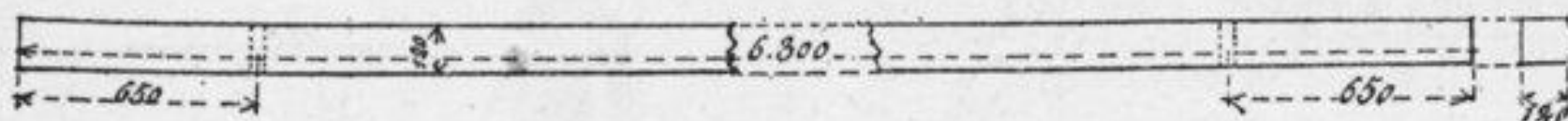


Fig. 471.

deux trous perpendiculaires entre eux à 0^m,88 des bouts.

équarrissage 0^m,12. Sert à assembler les portières.

Fausse poutrelle. Longueur 2 mètres,

Poutrelles pour pont de chevalets à 4

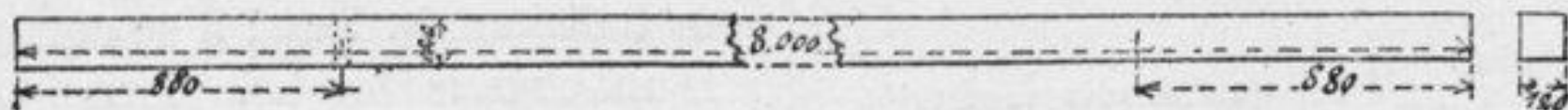


Fig. 472.

piers. Longueur 3 mètres, équarrissage 0^m,135.

Poutrelles pour ponts de radeaux. Longueur 10 à 12 mètres, équarrissage 0^m,16.



Fig. 473.

Rame à bateau (fig. 473).

Rame à nacelle (fig. 474).

Sonde de batelier (fig. 475).

| Sonnette à tirandes (fig. 476). Cet engin



Fig. 474.



Fig. 475.

qui sert à enfoncer les pilots, se compose des parties suivantes :

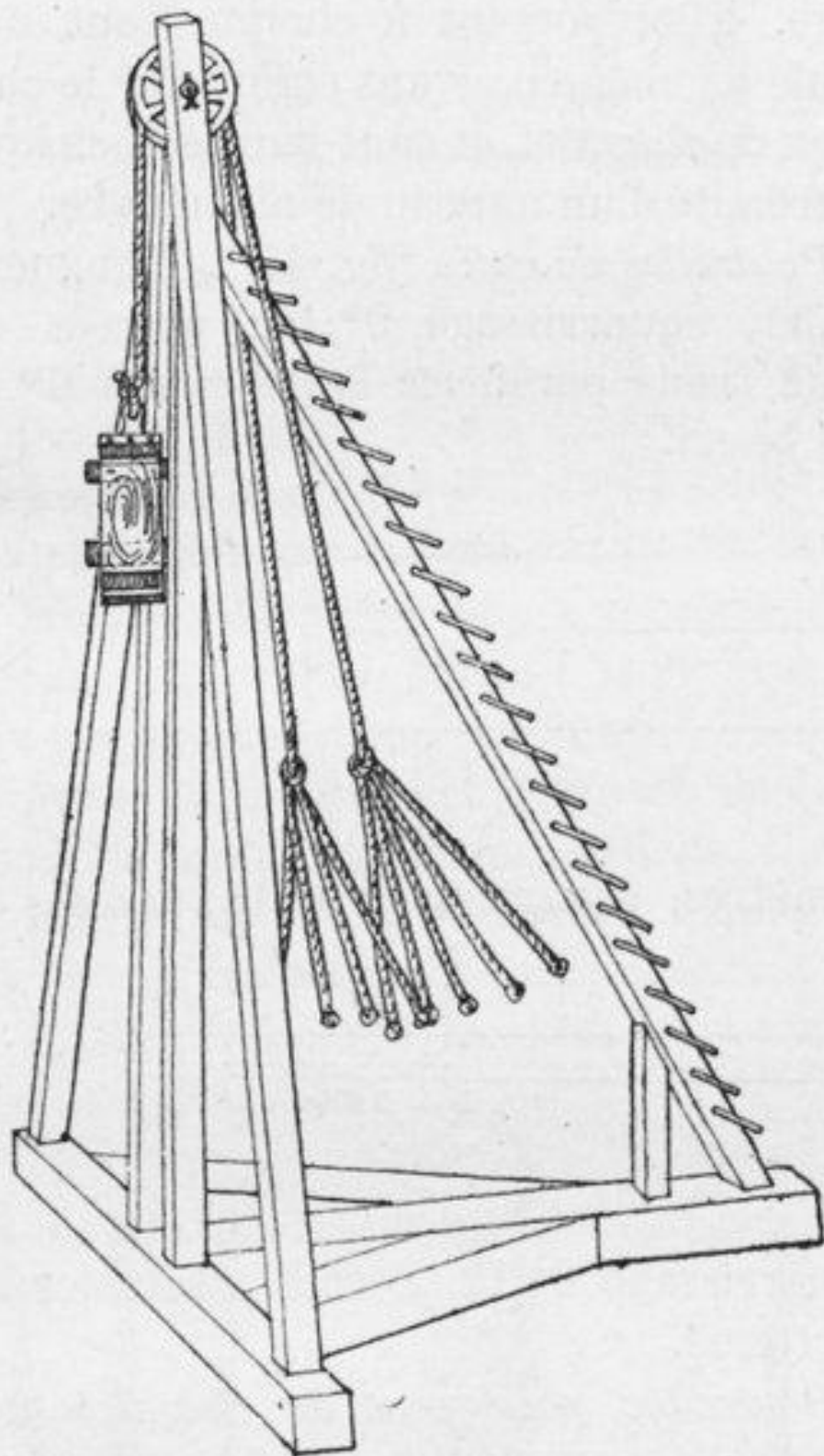


Fig. 476.

Sole du patin
Semelle du patin
Liens du patin
Jumelles (deux).
Jambes de force (deux).
Entretoises (deux).
Chapeau (un).
Rancher avec dix-huit échelons.
Poulie en bois (une).
Mouton en fonte pesant de 200 à 300 kilogr.
Tenons qui relient le mouton aux jumelles.
Clavettes (deux).
Câble (un).
Tiraudes avec leurs poignées, en nombre variable suivant le poids du mouton.

ces quatre pièces réunies forment le patin

Tolet pour gouvernail (fig. 477). Cheville ronde.

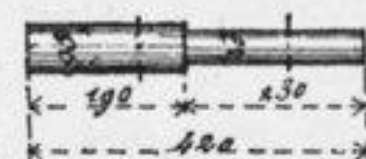


Fig. 477.

Tolet pour rame (fig. 478). Cheville plate.

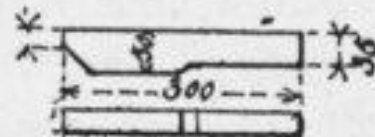


Fig. 478.

Vérin (fig. 479).

Vindas (fig. 480). Le vindas sert, comme



Fig. 479.

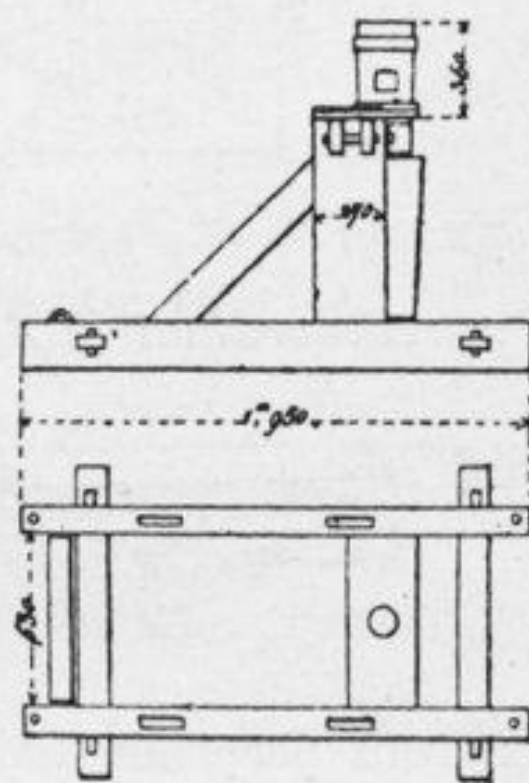


Fig. 480.

le cabestan, à faire effort sur un câble pour haler un fardeau ; il se compose :

D'un châssis en bois formé de deux côtés, deux épars, quatre clavettes, une semelle, deux montants, deux arcs-boutants, une entretoise du collet du treuil ;

D'un treuil vertical de forme tronconique muni d'un tourillon à sa partie inférieure, dont le collet est retenu par une cravate en fer, et dont la tête est percée de deux mortaises à angle droit pour recevoir les leviers ;

D'un rouleau porté par les côtés du châssis en avant de l'épars de devant ;

De deux leviers (*fig. 481*).

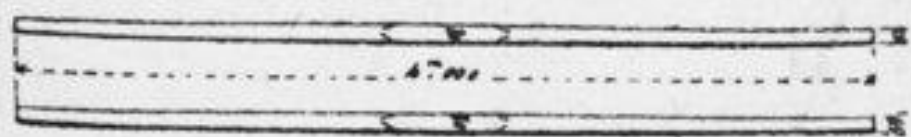


Fig. 481.

Nous n'avons donné la description que

des outils, engins et agrès spéciaux à la construction des ponts, mais on utilise également, pour cette construction, d'autres outils d'ouvriers en bois, de terrassiers, de mineurs, etc. dont la description a été donnée dans les traités concernant ces différentes parties.

§ III. — CORDAGES

958. Espèce. — Le tableau n° 1 ci-après indique quels sont les différents cordages employés pour la construction des ponts militaires.

DÉSIGNATION DES OBJETS	LARGEUR	DIAMÈTRE	NOMBRE DE		FORCE	OBSERVATIONS
			BRINS	FILS		
	mèt.	mill.			kil.	
Amarre.....	14	24 à 26	4	60	2500	
Bretelles {	la sangle, largeur 60 mil..	0,87	»	»	»	Une boucle de 35 millim. à chaque bout, formée avec les fils de la sangle.
	les 2 cordons.	1,73	4	4	144	Attachés aux boucles de la sangle par une boucle lacée; réunis au milieu de leur longueur par un nœud simple; prolongés au besoin par des allonges du même cordage nommées <i>allonges de cordons</i> .
Câble de sonnette.....	15	40 à 41	4	140	6400	
Commande {	de poutrelle..	4	4	16	324	Une boucle de 8 cent. à l'un des bouts.
	de guindage..	2,60	4	20	784	
	de billot.....	1,50	4	4	144	Se fabrique en pièces d'une certaine longueur.
Cordage d'ancre.....	80	24 à 26	4	60	2500	
Cordage de palan.....	1,00	18 à 20	4	44	1296	
Ligne de halage {	pour chevaux.	1,55	4	44	1296	
	pour hommes.	75	4	16	324	
Tirande de sonnette.....	5	»	3	42	»	Une boucle de 8 cent. à un bout, ficelée; les trois brins très peu tordus, tressés ensemble.
Cordeau à tracer.....	»	3	»	»	»	
Cordes pour ligatures.....	»	9	4	16	324	Longueur variable, suivant les pièces à réunir.

959. Nœuds de cordage. — Le tableau n° 2 ci-après indique quels sont les nœuds de cordage usités dans la construction des ponts; on se rendra compte à la simple inspection des figures de la manière de confectionner ces nœuds.

TABLEAU N° II :

1° Nœuds simples.

Nœud simple.



Nœud double.



Nœud simple gansé.



Nœud allemand.



2° Nœuds de jointure.

Nœud droit.



Nœud droit gansé.



Nœud du tisserand.



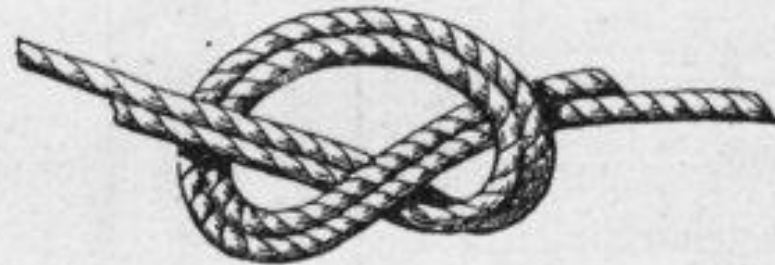
Joint anglais.



Jonction par un nœud simple.



Jonction par un nœud simple.



Epissure courte.



Epissure longue.

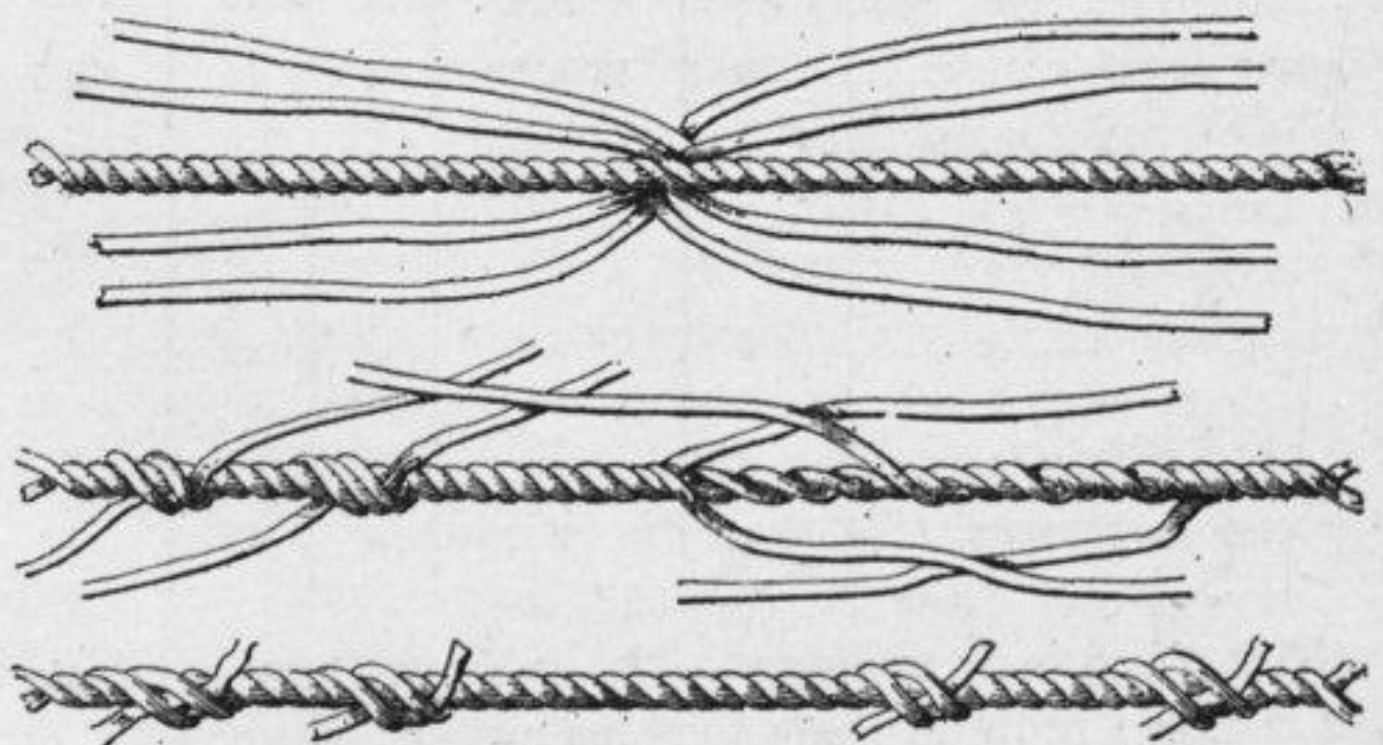


TABLEAU N° II suite.

3° Nœuds d'amarrage

Nœud coulant simple



Amarrage en tête d'alouette.



Nœud coulant sur double clef



Nœud de batelier



Nœud de poupée.



Demi-clefs autour d'un poteau vertical.



Amarrage en patte d'oie



Amarrage par demi-clefs



Boucle nouée.



Nœud d'ancre.



Nœud de galère



Nœud de cabestan.



Ganse à œillet coulant.



Boucle coulante à arrêt



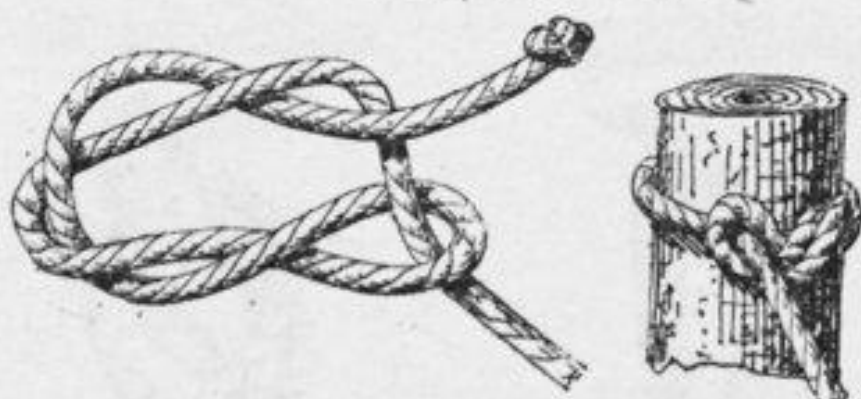
Nœud double fixe.



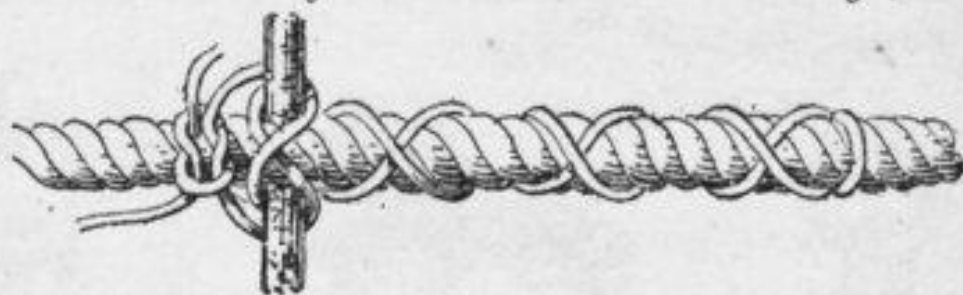
TABLEAU N°II, suite.

3° Nœuds d'amarrage (Suite)

Nœud de maçon.



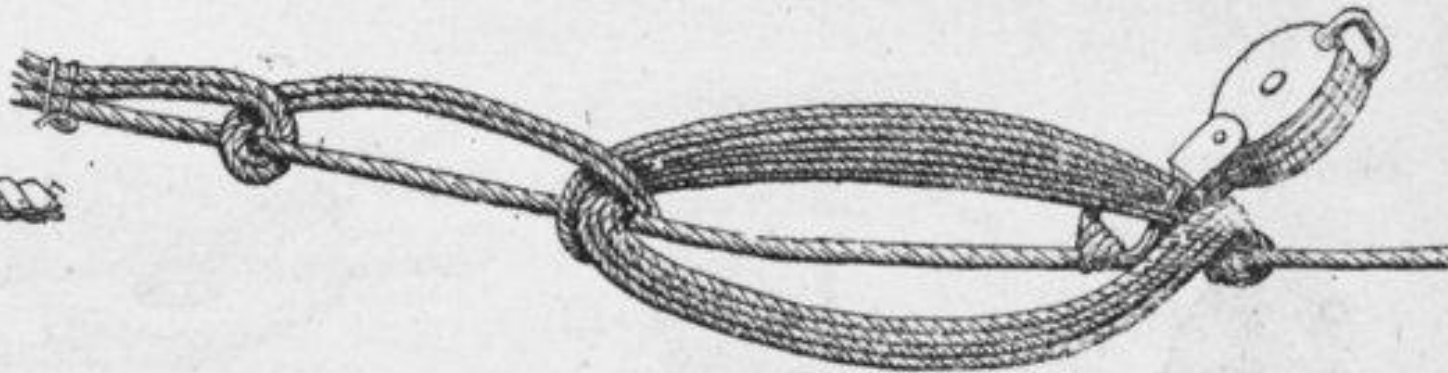
Amarrage d'un levier sur un cordage



Nœud de palan



Amarrage des cordons de bretelle à une ligne.



§ IV. — SUPPORTS

960. Remarque. — Les supports employés pour la construction des ponts militaires font également partie du matériel, mais nous estimons qu'il est préfé-

rable de faire la description de chaque espèce de support en parlant de la construction du pont auquel il est employé.

CHAPITRE III

CONDITIONS A REMPLIR PAR LES PONTS MILITAIRES

961. NATURE DES CONDITIONS. — Les ponts militaires devront remplir les conditions suivantes : 1° La solidité ; 2° la stabilité ; 3° la légèreté pour les ponts construits avec le matériel que l'armée traîne à sa suite.

962. 1° SOLIDITÉ. — Les ponts militaires n'ont pas besoin d'avoir une solidité aussi grande que celle qu'on exige des ponts permanents ; leur durée ne dépasse pas celle d'une campagne et quelquefois même celle d'un passage ; l'essentiel

est donc qu'ils puissent supporter sans se rompre ou se détériorer les plus lourds fardeaux militaires. Mais, avant d'examiner la nature et le poids de ces fardeaux, il est nécessaire d'étudier quelles sont les différentes parties qui composent un pont, afin de pouvoir déterminer l'effet que chacune d'elles devra pouvoir supporter.

963. COMPOSITION D'UN PONT. — On distingue dans un pont :

1° La plate-forme supérieure, sur laquelle on circule, et qui porte le nom de *tablier*.

Ce tablier est formé généralement d'un plancher de 4 mètres environ de largeur en madriers supportés par une série de poutrelles appuyées elles-mêmes sur les corps de supports ;

2° Les *supports*, qui servent à soutenir le tablier.

On appelle *travée* la partie du tablier comprise entre les milieux de deux corps de support consécutifs. Les corps de support extrême établis sur les rives forment les *culées*.

On appelle *portée* des poutrelles, la portion de leur longueur comprise entre leurs points d'appui sur deux supports consécutifs.

Les madriers sont maintenus les uns à côté des autres par une file de poutrelles dites de *guindage*, qu'on dispose au-dessus des poutrelles intérieures de la travée et qu'on relie à celle-ci au moyen d'une corde serrée par un billot. Au lieu de guinder, on se contente souvent de clouer les madriers sur les poutrelles intérieures de la travée.

Le tablier se fait presque toujours de la même manière, car il ne constitue qu'une superstructure devant remplir toujours les mêmes conditions et sur laquelle la nature des supports influe peu ou point.

On conçoit très bien au contraire que les supports doivent varier suivant la nature de l'obstacle à franchir, sa largeur, sa profondeur, la vitesse du courant, la

nature du fond, et aussi suivant les ressources dont on dispose.

964. CATÉGORIES DE PONTS. — Les ponts se divisent en trois grandes catégories suivant la nature de leurs supports :

1° Les ponts à supports flottants (bateaux, radeaux) ;

2° Les ponts à supports fixes (chevalets, pilotis, voitures) ;

3° Les ponts sans supports intermédiaires.

965. FARDEAUX A SUPPORTER — Les fardeaux qu'un pont militaire doit pouvoir supporter sont : l'infanterie, la cavalerie, l'artillerie et les trains.

Pour l'infanterie en marche par le flanc, la charge est de 600 *kilogr. par mètre courant* en admettant que les files sont serrées à 0^m,75, ce qui est minimum ; mais, dans le cas d'une déroute, si les hommes sont pressés sur toute la largeur du pont, à raison de six par mètre carré, la charge par mètre courant sera de 1,200 *kilogr.* Cette charge est la plus forte qu'un pont ait à supporter, ainsi que nous allons le voir.

La cavalerie défile en colonne par deux, les cavaliers à pied et tenant les chevaux par la bride : ceux-ci occupent une longueur de 3 mètres, pour un poids total de 1,200 *kilogr.* (2 chevaux, 2 cavaliers) soit une charge de 400 *kilogr. par mètre courant*.

L'artillerie défile par voitures successives, les conducteurs cheminant à côté des attelages, à l'exception de celui du dernier attelage de chaque voiture. Or la plus lourde voiture d'artillerie de campagne pèse 2,500 *kilogr.* ; il faut ajouter le poids des six chevaux d'attelage et celui des conducteurs, et diviser par 13^m,75, longueur de la voiture attelée ; on obtient ainsi 450 *kilogr. par mètre courant*. Toutefois la charge n'est pas uniformément répartie, car il faut considérer que l'attelage de derrière et la voiture pèsent à un instant donné sur une seule travée, ce qui correspond à la charge de 590 *kilogr. par mètre courant*.

Les plus lourdes voitures des trains n'atteignent pas le poids des voitures d'artillerie; il n'y a donc pas lieu d'en tenir compte pour le calcul des fardeaux à supporter par le pont.

D'après ce qui précède, on peut se rendre compte que le fardeau le plus lourd qu'un pont militaire ait à supporter est celui de l'infanterie en déroute et massée sur toute la surface du tablier. Si on avait voulu tenir compte de cette éventualité, on aurait été conduit à des dimensions beaucoup trop grandes pour les pièces de bois composant les tabliers des ponts d'équipages; on s'est borné à établir les calculs d'après la charge au mètre courant de l'infanterie à rangs serrés, en ajoutant 150 kilogrammes pour le poids du tablier, soit 750 kilogrammes en tout. En cas de déroute il y aurait lieu de prendre des mesures énergiques pour empêcher l'encombrement du pont par les fuyards.

Dans le cas où le tablier d'un pont devrait donner passage à des pièces de siège de 155^{mm}, il faudrait le mettre en état de supporter un poids uniformément réparti de 600 kilogrammes par mètre courant, plus une surcharge de 2,000 kilogrammes, supposée appliquée au milieu de la travée.

966. 2° STABILITÉ. — La stabilité des ponts militaires est obtenue : dans les ponts à supports flottants, au moyen d'ancre et d'amarrages ; dans les ponts à supports fixes, en établissant les supports sur un terrain solide et en contreventant ceux qui ont une grande hauteur.

Pour empêcher la dislocation du tablier, on le relie aux corps de support et on rend les diverses travées solidaires par le *brélage*. Le brélage se fait à l'aide de cordes pour le matériel des équipages de ponts, et à l'aide de clameaux pour les ponts de circonstance. Il porte le nom particulier de *guindage*, lorsqu'il désigne l'opération qui a pour but de maintenir en place, au moyen de poutrelles longitudinales, les madriers qui forment le tablier.

Le tableau numéro 3 ci-contre indique de quelle manière se font les brélagés; on s'en rendra facilement compte à la simple inspection des figures.

967. ANCRAGES. — *L'ancrage* d'un pont sur supports flottants consiste à attacher ces corps en amont et en aval, pour les empêcher d'être entraînés par le courant et par le vent. Le nombre d'ancres dépend de la vitesse du courant ; on place d'ordinaire deux fois plus d'ancres en amont qu'en aval.

Pour mouiller une ancre, on attache le bout d'un cordage à l'organeau, on charge l'ancre dans une nacelle, les bras placés verticalement sur l'avant et en dehors, le jas posant sur les plats-bords, et l'on se transporte ainsi à 50 ou 60 mètres du corps à amarrer et de manière que le cordage d'ancre soit tendu dans la direction du fil de l'eau. On laisse alors tomber l'ancre en soulevant le jas, on se transporte vers le corps à amarrer en déroulant le cordage, et à une vingtaine de mètres du point de mouillage, on exerce sur ce cordage quelques tractions avec secousses pour faire mordre les pattes sur le fond ; on fixe ensuite le cordage au corps à amarrer.

Lorsque le fond est formé de sable fin ou de vase, les ancres s'y perdent, de même lorsque le fond est de roc, les ancres ne mordent pas. — On les remplace alors par des paniers et des caisses d'ancrage (n° 957), ou bien on amarre les bateaux à des pilots plantés dans la rivière.

968. Amarrage. — Lorsque le cours d'eau n'a pas une très grande largeur, on

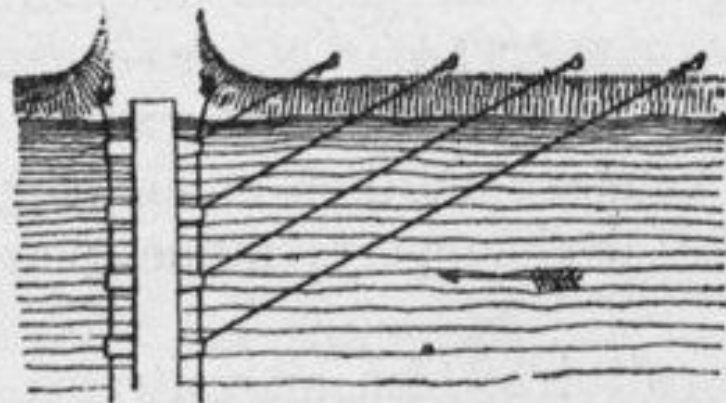


Fig. 482.

peut amarrer directement chaque corps

TABLEAU N° III

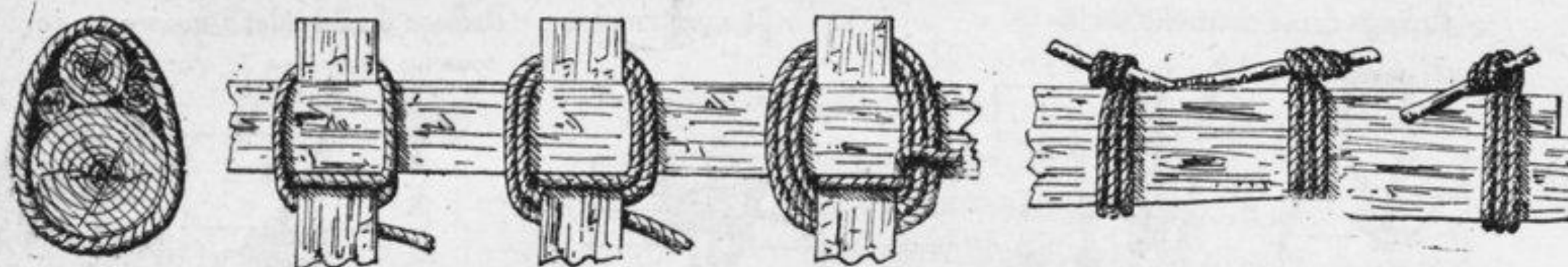
Garnitures reliant deux poutrelles équarries en contact par l'une de leurs faces.



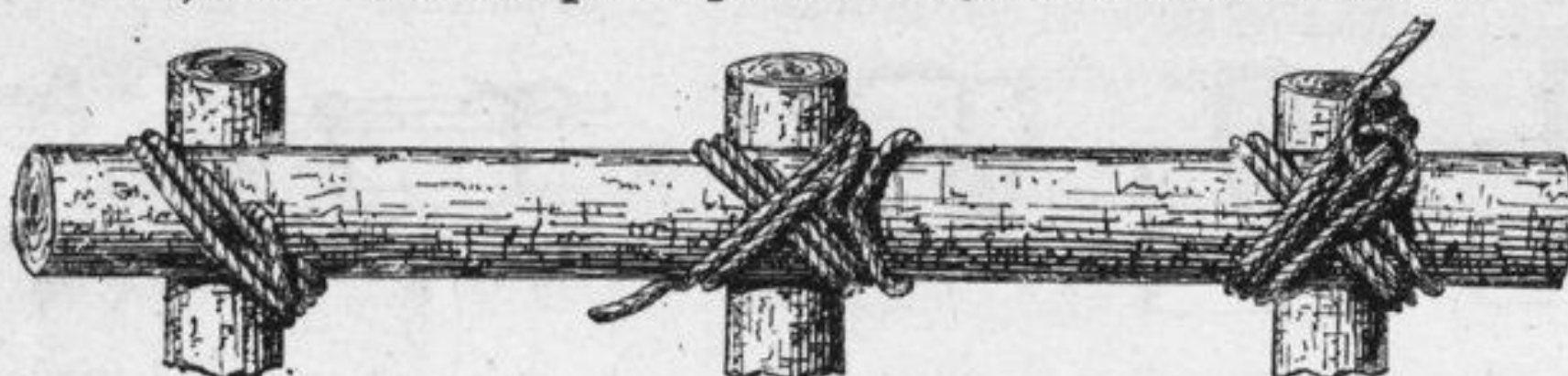
Garniture reliant deux poutrelles cylindriques.

Ligature reliant deux pièces placées à angle droit l'une sur l'autre.

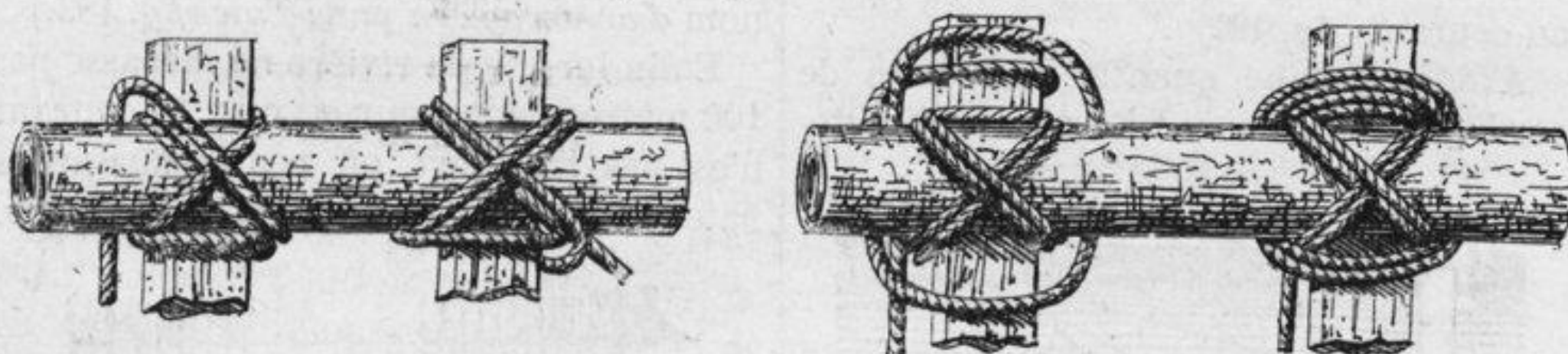
Carroture réunissant deux pièces de bois juxtaposées.



Ligature reliant deux pièces placées à angle droit l'une sur l'autre.



Ligature reliant deux pièces placées à angle droit l'une sur l'autre.



Ligature de deux poutres, l'une verticale l'autre horizontale.

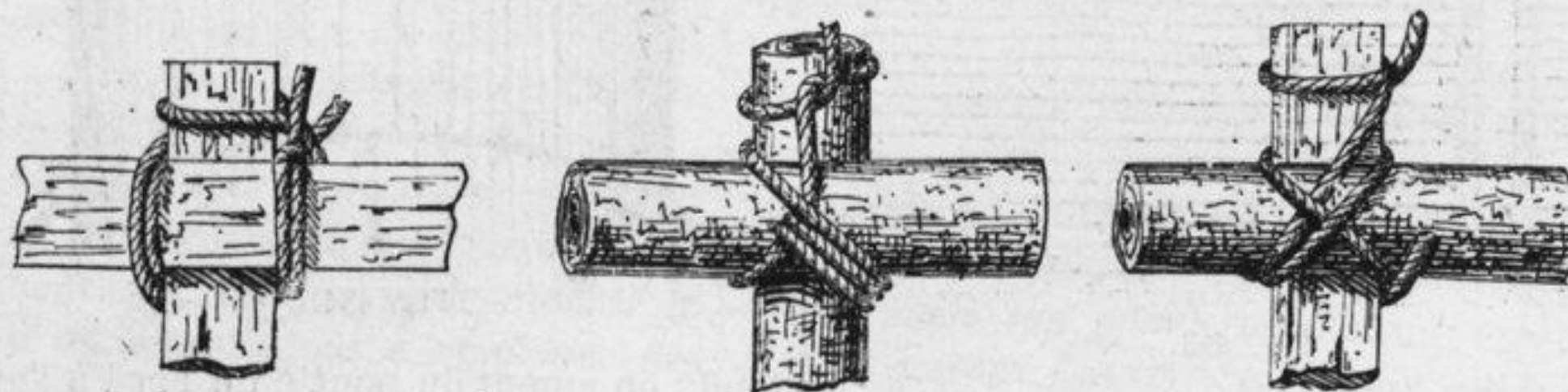
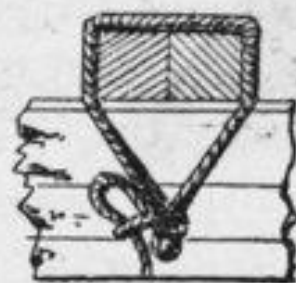


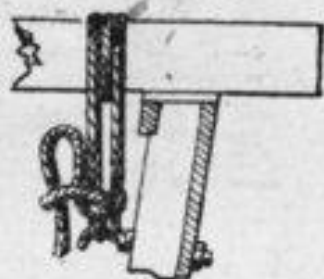
TABLEAU N°III.. (Suite.)

Ligature de deux pièces de bois en croix de S^t André.

Brélage de 2 poutres jumelées



Brélage d'une poutrelle isolée



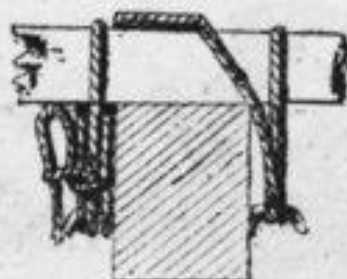
Brélage aux tringles



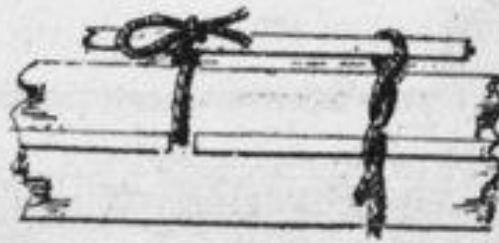
Brélage du chevalet à quatre pieds sous les poutrelles de manoeuvre



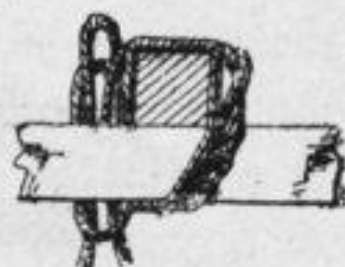
Brél. du chevalet à deux pieds sous la poutrelle face antérieure. face postérieure.



Brélage des poutrelles de quindage.



Brélage de 2 poutrelles en croix



de supports à un pieu enfoncé sur la rive, le plus loin possible des culées, pour diminuer l'obliquité des cordages par rapport au courant (fig. 482)

A défaut d'une quantité suffisante de cordages, on se borne à amarrer directe-

en sont voisins, et on prend sur leur cordage d'ancre des points d'appui pour les autres supports; cette opération porte le nom d'*amarrage en patte d'oie* (fig. 483.)

Enfin lorsque la rivière ne dépasse pas 100 mètres de largeur et que le courant n'est pas trop fort, on peut amarrer les bateaux à un gros câble appelé *cinquenelle*,

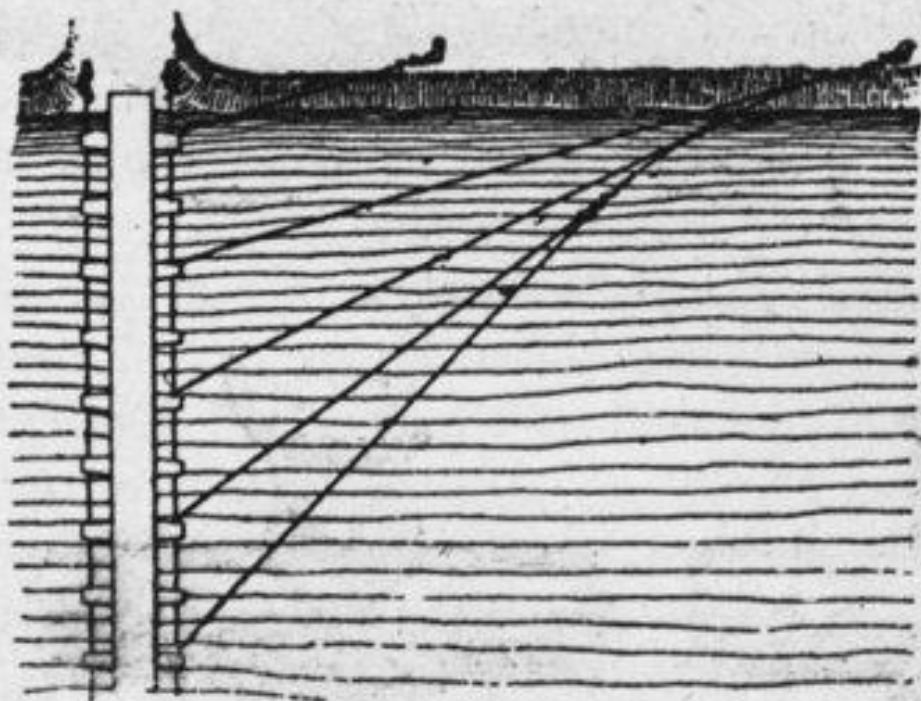


Fig. 483.

ment sur la rive les corps de supports qui

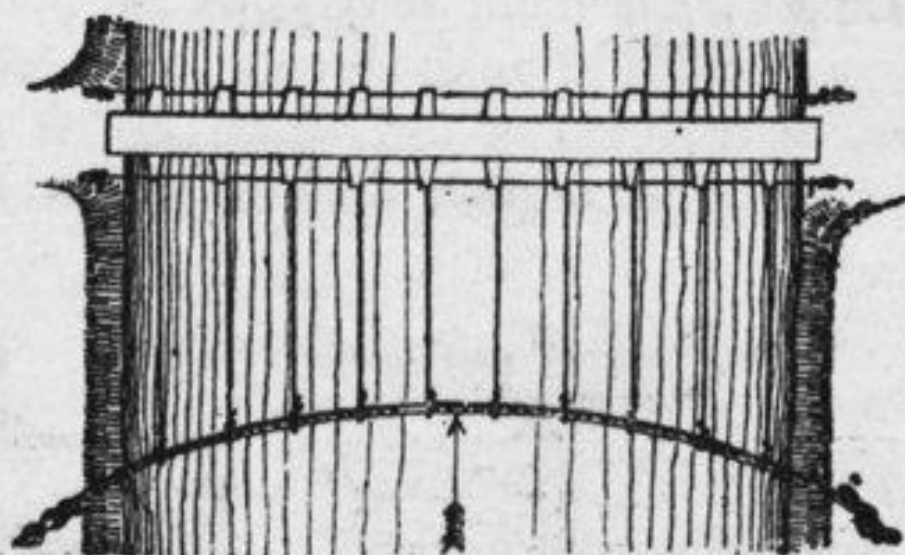


Fig. 484.

tendu en amont du pont d'un bord à l'autre (fig. 484).

969. Points d'amarrage. — Les points d'amarrage où l'on fixe les cordages servant à retenir les corps flottants, sont des arbres, des ancres, des pieux enfoncés en terre, des pilots, une pièce de bois en

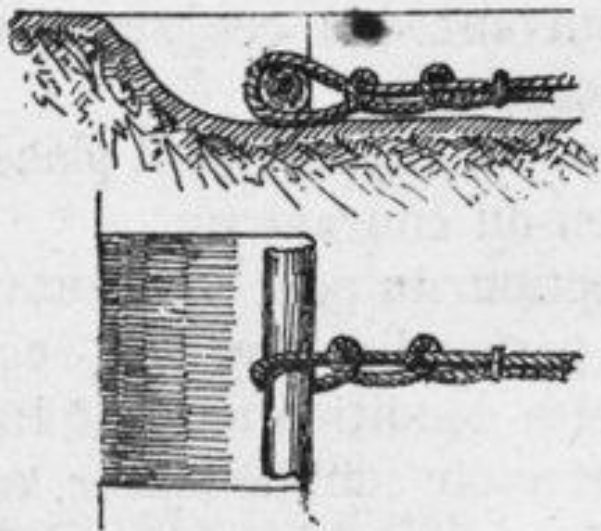


Fig. 485.

grume couchée au fond d'une tranchée perpendiculairement à la direction de la traction (fig. 485), ou encore une masse de terre isolée, entourée de madriers (fig. 486) etc...



Fig. 486.

970. 3° LÉGÈRETÉ. — L'importance d'un moyen de passage d'un cours d'eau est telle que toutes les nations civilisées l'ont reconnue et ont créé, dès le temps de paix, un matériel d'équipage de ponts qui est trainé à la suite de chaque armée et même de chaque corps d'armée.

On comprend sans peine que, pour un matériel de ce genre, la question du poids soit essentielle, et que pour obtenir la légèreté on n'hésite pas à employer des matériaux de toute première qualité, sans regarder à la dépense. C'est cette même

considération qui fait qu'on limite les équipages de ponts aux quantités reconnues strictement nécessaires, en se réservant de compléter, à l'aide des ressources trouvées sur place les moyens de passage qui pourraient être insuffisants, ou même de remplacer, par des ponts de circonstance, les ponts en matériel des équipages, de manière à pouvoir replier celui-ci pour des besoins ultérieurs.

Pour les ponts de circonstance au contraire, la question de légèreté n'est pas à considérer; on s'occupera donc uniquement de la solidité et de la stabilité, autant que le permettront les ressources que l'on trouvera sur place.

971. EMPLOI DES DIVERSES ESPÈCES DE PONTS MILITAIRES. — Les divers genres de ponts ne conviennent pas également à tous les cours d'eau. La vitesse du courant, la nature des rives ou du fond, la largeur, la profondeur peuvent faire que tel genre de pont soit préférable à tel autre, dans telle circonstance. Il conviendra donc de tenir compte, autant que possible, des principes suivants.

Les ponts de bateaux. — Conviennent surtout sur les rivières larges, rapides et profondes. Il faut aussi que la profondeur d'eau soit d'au moins 0^m,50.

Les ponts de radeaux. — Ne peuvent être employés que lorsque la vitesse du courant est inférieure à 2 mètres par seconde.

Les ponts de chevalets à quatre pieds ne doivent être construits que sur des rivières de moins de 3 mètres de profondeur, à fond ferme et uni, et dont le courant ne dépasse pas 1^m,50 par seconde.

Les ponts de chevalets à deux pieds n'exigent pas que le fond soit uni, et peuvent être établis sur des rivières dont la vitesse du courant est sensiblement plus rapide que 1^m,50 par seconde.

Les ponts sur pilotis ne peuvent être établis que sur des rivières à fond solide mais pénétrable, d'une profondeur inférieure à 3^m,50.

Les *ponts de cordages* peuvent servir à relier deux rives escarpées distantes de 30 à 40 mètres au plus, mais la construction en est longue et difficile, et ils offrent peu de garantie de solidité et de durée.

Les *ponts de gabions* peuvent être employés sur les terrains marécageux lorsque la profondeur ne dépasse pas 1^m,50 et lorsque le courant est très faible.

Les *ponts de voitures* peuvent être employées sur des rivières peu profondes et peu rapides. Entre deux rives très rapprochées, on emploie des *ponceaux*, ou systèmes d'arbres croisés, de fermes soutenues par des traverses, des étançons, etc.

Les *ponts volants* et les *trilles* conviennent aux rivières peu rapides et peu larges, les *bacs* à celles d'un faible courant; ils s'établissent en aval des ponts militaires.

972. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CONSTRUCTION. — Dans les manœuvres de construction, la rive d'où l'on part s'appelle première rive, l'autre se nomme deuxième rive. Dans les manœuvres de repliement la première rive est celle que l'on abandonne.

On nomme *plat-bord intérieur*, *poupée intérieure*, etc. d'un bateau, le plat-bord, la poupée, etc. le plus près de la culée construite ou de la dernière repliée. Le mot *extérieur* s'emploie par opposition.

Dans toutes les manœuvres, soit de construction, soit de repliement, c'est à partir de la première rive que l'on compte

les bateaux, les ancres, etc. quand on les désigne par numéros.

Les corps morts doivent être assis de niveau et perpendiculaires à la direction du pont; leur face supérieure à hauteur ou un peu au-dessus de celle des supports voisins, suivant que ces supports sont fixes ou flottants.

Les corps de support sont placés dans la direction du courant.

La direction du pont est autant que possible perpendiculaire au courant; lorsque cette condition ne peut être remplie, il faut avoir soin de placer les corps de support exactement dans le sens du courant.

Les ponts doivent être tendus en ligne droite sans présenter de saillant en avant. Ainsi que nous l'avons dit précédemment, pour jeter un pont offensif, on cherchera à en dissimuler la construction à l'ennemi; pour cela, on préparera et l'on exécutera le pont de nuit, en observant le plus grand silence. Certains militaires prétendent que tout en faisant les préparatifs de nuit, il est préférable de ne commencer la construction qu'à la pointe du jour, pour éviter d'augmenter les chances de désordre et de confusion, déjà si grandes et si redoutables dans les moments critiques. Notre opinion est que, avec des troupes techniques parfaitement exercées, il est préférable d'effectuer la construction pendant la nuit; au contraire, avec des troupes peu exercées, on devra attendre l'aube pour commencer les travaux.

CHAPITRE IV

PONTS DE BATEAUX

§ I. — MATÉRIEL

973. BATEAU D'ÉQUIPAGE. — *Le bateau d'équipage se compose d'un corps a, d'un avant-bec b, d'un arrière-bec c, d'un fond d, de bordages, celui de tribord à droite e, celui de bâbord à gauche f (fig. 487).*

Toutes les parties en bois sont en sapin, à l'exception de leurs poutres et de leurs semelles qui sont en chêne. — Le fond et

les bordages sont formés de planches de 0^m,025 d'épaisseur; ces planches sont fixées à des espèces de fermes ou courbes formées chacune d'une semelle et d'un montant de 0^m,08 de longueur sur 0^m,06 d'épaisseur, réunie par des équerres en fer. Les deux plats-bords ont 0^m,11 de largeur et sont percés de trous pour les tolets qui doivent

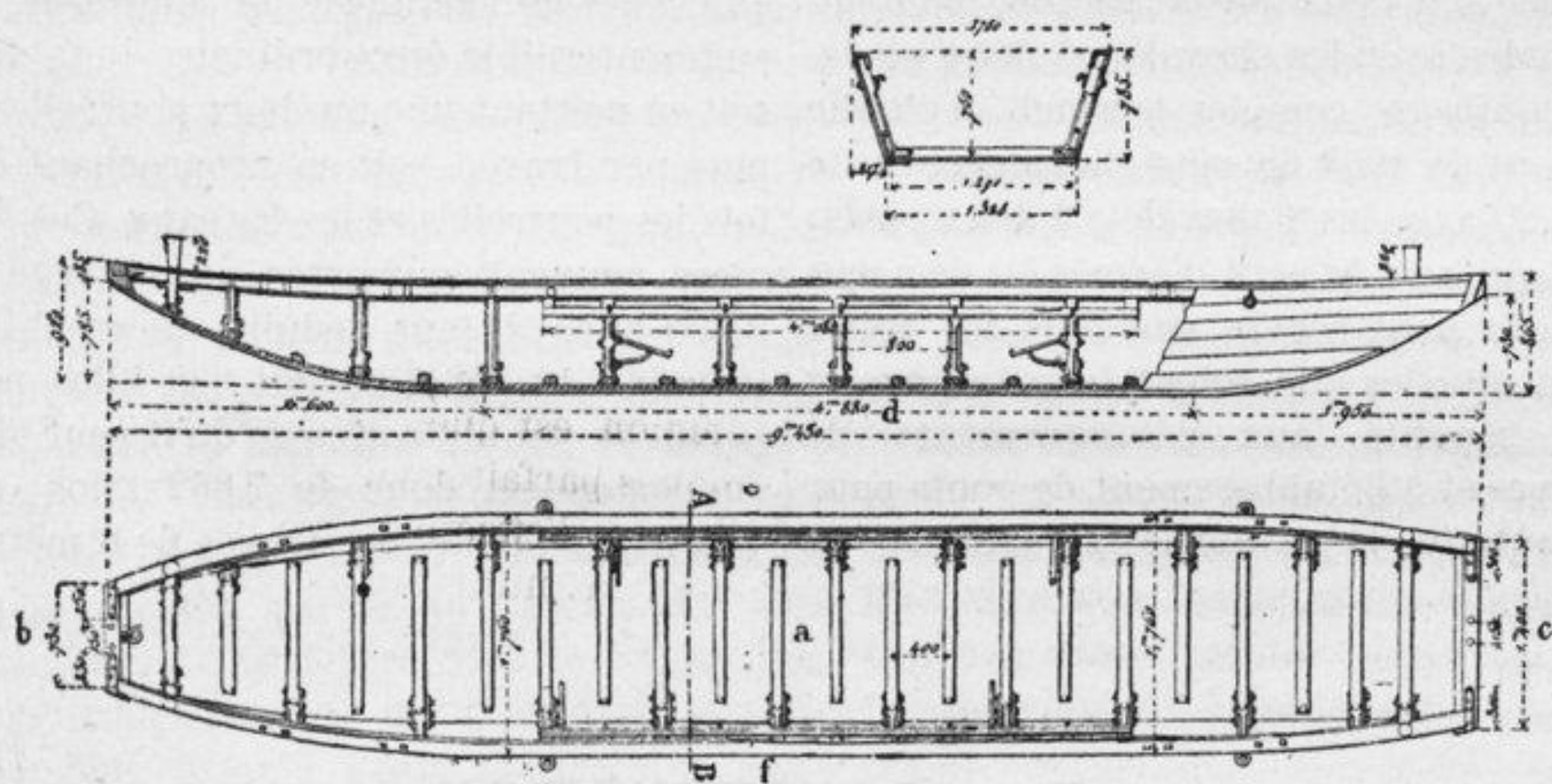


Fig. 407.

maintenir les rames. De chaque côté sont cinq crochets de pontage à l'intérieur et deux anneaux de brélage à l'extérieur.

974. NACELLE. — La nacelle est un peu plus plate que le bateau, mais ses dimensions en longueur et largeur sont à peu près les mêmes que celles de ce dernier. Elle sert à mouiller les ancres et à faire les réparations (fig. 488).

975. CHEVALETS. — *Les chevalets à deux pieds, seront décrits à propos de la construction des ponts de chevalets.*

976. ÉQUIPAGE DE PONT. — L'équipage de pont se compose de quatre divisions et d'une réserve; il est transporté par 77 voitures.

Chaque division est subdivisée en sept sections, savoir :

1 section de culée (1 haquet et 1 chariot de parc) ;

1 section de chevalets ;

4 sections de bateaux (2 haquets et 1 chariot de parc chacune) ;

1 section de forge (chacune 1 forge et 1 chariot de parc).

La réserve comprend 1 haquet et 4 chariots de parc.

La division d'équipage contient tout le

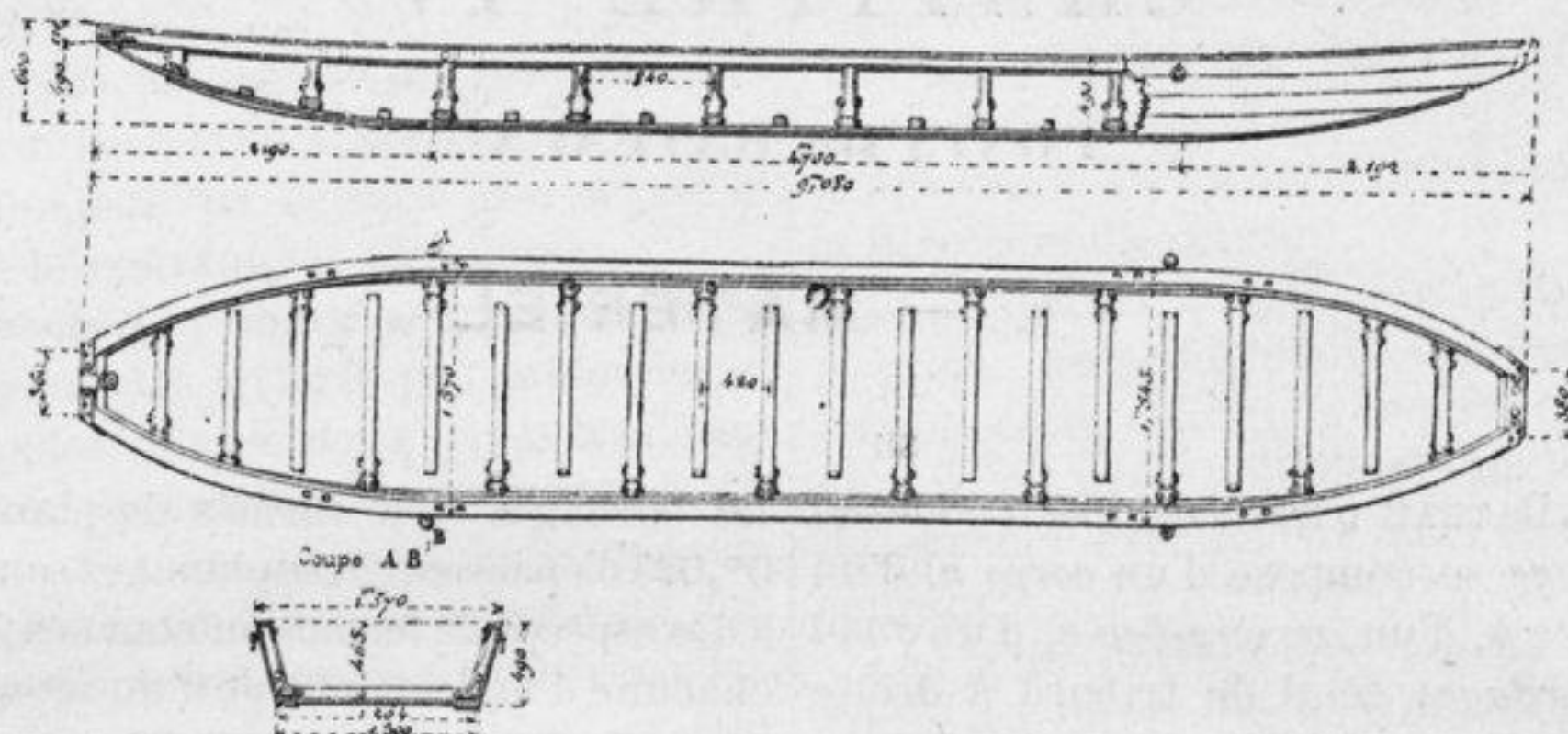


Fig. 488.

matériel nécessaire pour construire un pont de 52^m,68, pontage ordinaire, sans chevalets à deux pieds; 68^m,68, pontage ordinaire avec les chevalets à deux pieds.

L'équipage complet permet d'établir un pont de 196^m,68 sans chevalets, et de 241^m,20 avec les 8 chevalets à deux pieds.

L'équipage de pont d'armée ou de corps d'armée peut servir sur tous les cours d'eau, quelles que soient leur largeur et leur rapidité, aux débarquements de troupes et à l'établissement de ponts pour l'infanterie, la cavalerie et l'artillerie de campagne.

Dans le cas où le pont devrait servir pour le passage de voitures plus lourdes que celles de l'artillerie de campagne, on augmenterait la force ordinaire du tablier, soit en mettant une ou deux poutrelles de plus par travée, soit en rapprochant à la fois les poutrelles et les bateaux. Ces derniers peuvent supporter une charge de 8,500 kilos; il faut déduire de ce chiffre le poids du tablier, soit 838 kilos pour le bateau ponté; la charge qu'il peut alors supporter est donc de 7,662 kilos; soit 1,277 kilos. pour une travée de 6 mètres.

§ II. — CONSTRUCTION

977. MÉTHODES DE CONSTRUCTION. — On emploie quatre méthodes pour jeter un pont de bateaux.

1° Par bateaux successifs; 2° par portières; 3° par parties; 4° par conversion.

Quelle que soit la méthode de construction employée, il est certaines opérations et certains travaux prélimi-

naires qui s'exécutent toujours de la même manière. Ce sont les suivants:

1° Décharger un bateau et le lancer à l'eau; 2° sortir de l'eau un bateau et le charger sur un haquet ou sur une voiture; 3° pratiquer les rampes d'accès; 4° construire les culées.

978. 1° Décharger un bateau et le

lancer à l'eau. — Lorsqu'il s'agit de *bateau d'équipage*, le personnel est de vingt hommes et la manœuvre est la suivante : Disposer le haquet sur le prolongement de la rampe qui doit conduire le bateau à l'eau, l'avant-train tourné du côté de la rivière, caler les roues de l'arrière train devant et derrière ; passer une poutrelle en travers sous l'extrémité des brancards et dégager la cheville ouvrière (8 hommes) ; enlever l'avant-train, poser le lisoir à terre sur un chantier ; faire glisser le bateau sur les brancards (20 hommes) ; fixer les amarres aux deux poupées de l'avant ; faire glisser le bateau sur les madriers et le lancer à l'eau, deux hommes le retenant avec les amarres. Deux hommes entrent dans le bateau avant qu'il ne soit lancé, et prennent pour le conduire des gaffes ou des rames.

Lorsqu'il s'agit de grands bateaux de commerce, chargés sur des voitures à brancards, on opère comme ci-dessus, mais si ces bateaux sont chargés sur des voitures à flèche, on opère de la manière suivante : Caler les roues de l'avant-train, soulever avec des crics appuyés sur des chantiers le bout du bateau qui repose sur l'arrière-train ; reculer ce train, abaisser le bout du bateau et le poser sur des chantiers, soulever de même l'autre bout, enlever l'avant-train et poser cette partie du bateau sur des chantiers. Introduire sous le bateau des poutrelles formant deux piles qui se prolongent jusqu'à l'eau, mettre des rouleaux sur ces poutrelles ; retirer les chantiers et faire avancer le bateau en embarrant dans les mortaises des rouleaux en halant sur des cordages, etc. Faire en sorte qu'il y ait toujours deux rouleaux engagés sous le bateau.

979. 2° *Sortir de l'eau un bateau et le charger sur un haquet ou sur une voiture.* — Personnel, vingt hommes. Pour sortir les bateaux de l'eau, établir une rampe sur la rive au moyen de deux piles

de poutrelles ou de madriers ; amener le bateau dans la direction de la rampe et attacher des amarres à ses deux poupées d'avant ; le faire avancer sur des rouleaux disposés sur la rampe en faisant l'effort sur des amarres au moyen de palans, de cabestans ou de vindas, si c'est nécessaire.

Pour charger ensuite le bateau sur la voiture, la manœuvre est la suivante : S'il s'agit d'un *bateau d'équipage*, amener le haquet sur le prolongement de la rampe qui a servi à retirer le bateau de l'eau, caler les roues de l'arrière-train devant et derrière, enlever l'avant-train et abaisser les brancards de manière à poser le lisoir à terre sur un chantier ; faire avancer le bateau sur sa rampe jusque contre le haquet ; le faire monter sur les brancards en interposant un rouleau ; enlever ensuite celui-ci en soulevant légèrement le bateau avec des leviers ; amener l'avant-train ; soulever les brancards en faisant effort sur une poutrelle placée en travers sous leur extrémité, réunir les deux trains ; brêler le bateau au moyen de commandes.

S'il s'agit d'un *gros bateau de commerce*, on sépare les deux trains de la voiture ; si celle-ci est à brancards, on opère comme il vient d'être dit pour le bateau d'équipage ; si, au contraire, la voiture est à flèche, la manœuvre est la suivante : Soulever avec des crics un des bouts du bateau et faire reculer progressivement l'avant-train en dessous, réunir les deux trains.

On charge et on décharge quelquefois les bateaux par le derrière ou par les côtés de la voiture, en formant, avec des poutrelles, une rampe qu'on fait parcourir au bateau en se servant de cordages, de leviers et de rouleaux.

On peut encore, lorsque le cours d'eau a une profondeur suffisante, pratiquer une rampe dans la rive et pousser le haquet à l'eau pour le charger ou le décharger.

980. 3° Pratiquer les rampes d'accès.

— Lorsque les rives sont plus élevées que le niveau du tablier, il est nécessaire de pratiquer les rampes pour donner accès au pont (*fig. 489*).

Ces rampes ont 3 mètres de largeur ;

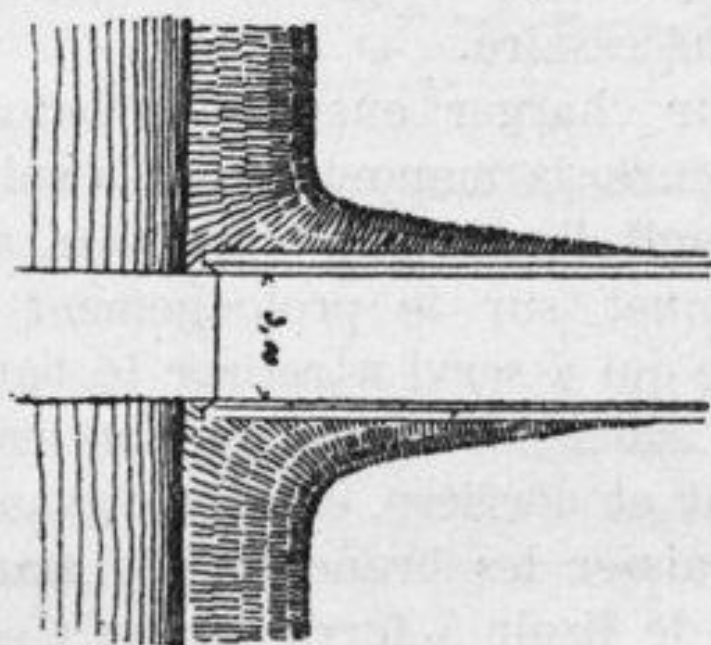


Fig. 489.

leur pente ne doit pas être supérieure à $1/10$, et si elles présentent des courbes, celles-ci doivent avoir au moins 25 mètres de rayon. Elles se terminent au pont par un palier droit et horizontal d'au moins 2 mètres de longueur.

Leur profil transversal présente un bombement de $0^m,12$ à $0^m,15$, et l'on creuse des deux côtés de la voie, des fossés pour l'écoulement des eaux.

Les rampes sont empierrées, autant que possible, ou tout au moins recouvertes d'une couche de gravier ou de sable de $0^m,20$ d'épaisseur. Lorsqu'elles sont établies en terrains marécageux, elles sont recouvertes d'un tablier en rondins, en fascines ou madriers, fixés au moyen de chevilles, de broches ou d'un guindage, sur des longerons disposés comme les poutrelles d'un pont.

Les terres provenant des déblais sont régaliées de part et d'autre de la voie.

981. 4° Construire les culées. — Une culée se compose d'un *corps mort a* (*fig. 490*) et d'un *madrier b* placé de champ à $0^m,20$ en arrière du corps mort et maintenu comme celui-ci par des piquets.

Pour construire une culée, on excave d'abord le sol jusqu'au niveau de la partie

supérieure des corps de supports ; on place ensuite le madrier de champ, son milieu sur l'axe du pont et sa partie supérieure au niveau du tablier, puis on fixe par des

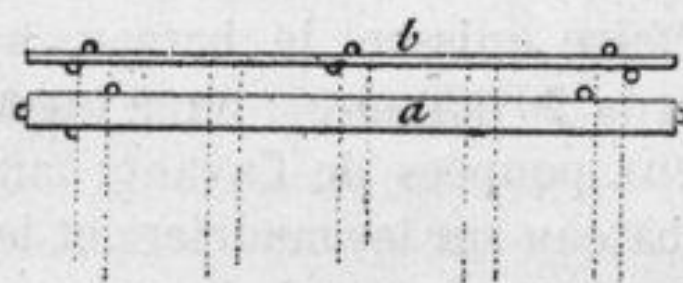
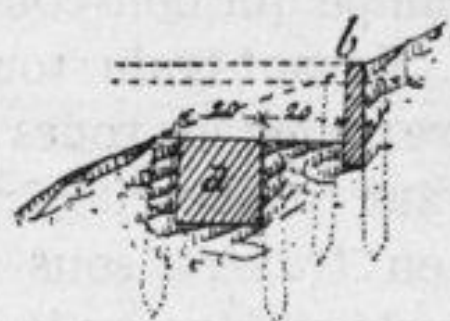


Fig. 490.

piquets ; on creuse alors une rigole pour le logement du corps mort à $0^m,20$ en avant du madrier de culée, on place ce premier dans son logement, et on le fixe par des piquets, comme il est indiqué sur la figure ; on remblaie alors, s'il est nécessaire, en arrière du madrier de champ, afin que de ce côté il ne se fasse aucune saillie sur le sol ; enfin, lorsque l'on a affaire à du matériel improvisé, on marque sur la surface du corps mort l'emplacement des poutrelles de la première travée.

982. CONSTRUCTION PAR BATEAUX SUCCESSIFS. (*fig. 159*). Personnel, trois officiers, douze sous-officiers, quatre-vingt-cinq hommes. La méthode par bateaux successifs consiste à porter les bateaux les uns après les autres à l'emplacement qu'ils doivent occuper.

Les bateaux sont préalablement déchargés et amarrés à la rive, partie en amont de la culée, partie en aval ; ceux d'amont sont en nombre égal aux ancres d'amont. Les nacelles sont en avant. Tout le matériel est rangé par espèces aux abords du pont.

On construit d'abord la culée, puis on amène le premier bateau d'aval contre la culée et on l'amarré par des cordes nom-

mées traversières à des piquets placés en face des poupées sur le rivage et par des cordages d'ancre à d'autres piquets plantés sur le rivage à 30 pas en amont et 30 pas en aval du corps mort. On apporte ensuite les poutrelles de la première travée, qui sont placées de manière que l'extrémité dépasse de 0^m,15 le bord extérieur du bateau; elles sont assujetties dans cette position, soit par un brélage provisoire, soit simplement avec la main, si le courant est peu rapide. Cinq hommes saisissent alors l'extrémité de ces poutrelles sur le rivage et poussent le bateau

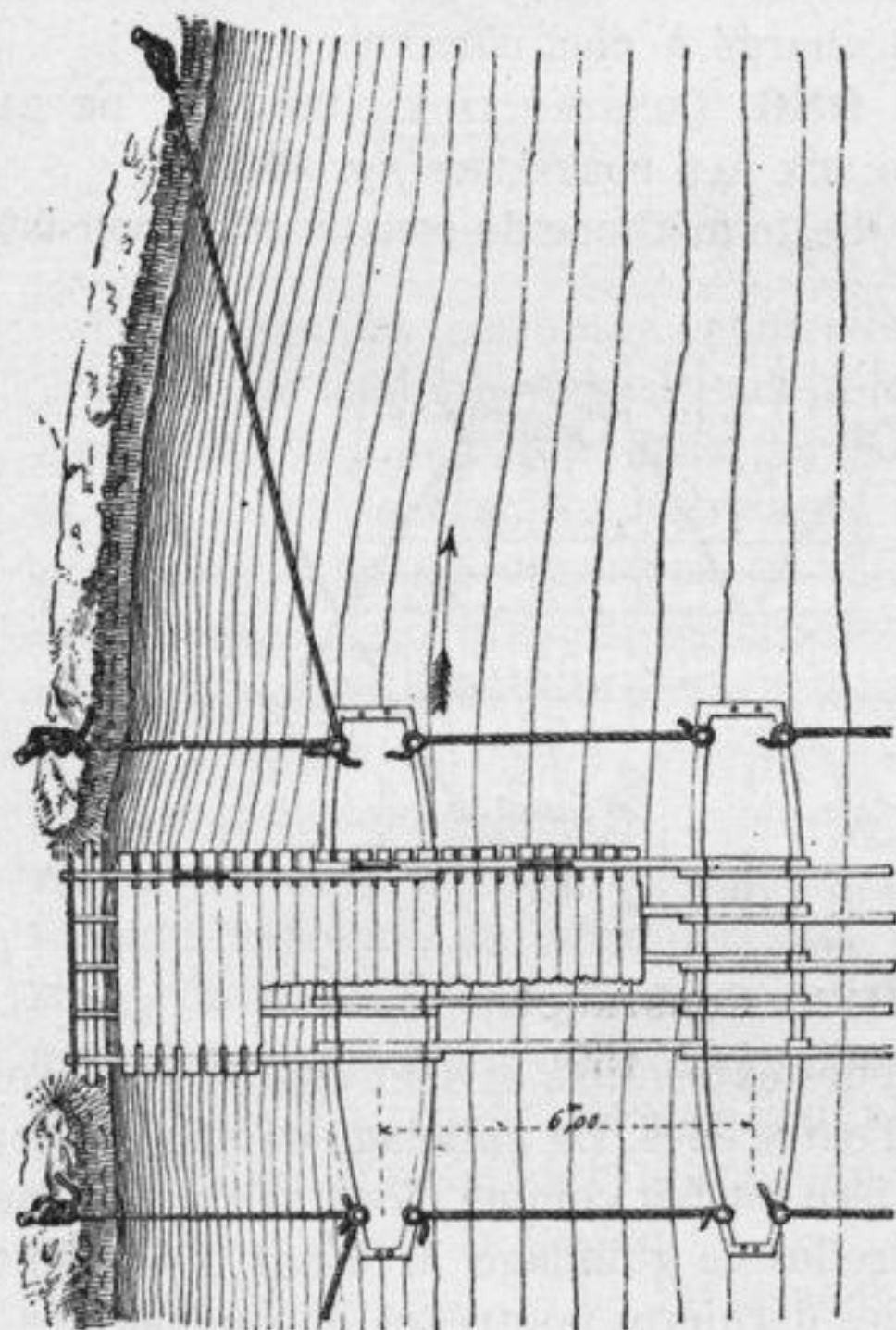


Fig. 491.

au large, jusqu'à ce que l'extrémité de ces poutrelles arrase le madrier du corps mort. Lorsque le bateau est bien placé, on fixe les cordages d'ancre aux poupées, on amarre les traversières aux piquets, on bréle les poutrelles sur le corps mort et l'on place les madriers jusqu'à 0^m,50 environ du premier bateau.

On amène alors d'amont le deuxième

bateau, qui pendant ce temps a mouillé une ancre destinée au troisième bateau, et se laisse ensuite descendre à hauteur du premier bateau et lui jette ses traversières qui sont fixées aux poupées extérieures de ce bateau. On apporte ensuite les poutrelles de la deuxième travée, qui sont mises en place comme il a été dit pour celles de la première travée, puis on pousse au large le deuxième bateau jusqu'à ce que les poutrelles ne dépassent plus le plat-bord intérieur que de 0^m,15. On jumelle alors les poutrelles des deux travées, on les bréle au premier bateau, on amène les traversières et l'on place des madriers jusqu'à 0^m,50 environ du deuxième bateau.

On amène alors d'aval le troisième bateau contre le deuxième, qui lui donne son cordage d'ancre et reçoit ses traversières; on construit alors la troisième travée comme il a été dit pour la deuxième et on fixe à la poupée le cordage d'ancre d'amont; enfin on commence le guindage.

On continue ainsi la construction, en faisant pour chaque bateau pair ce qui a été dit pour le deuxième et pour chaque bateau impair ce qui a été dit pour le troisième, de manière que toutes les ancres d'amont soient mouillées par les bateaux pairs et restent fixées aux bateaux impairs.

Pour placer les poutrelles de la dernière travée on se sert d'une nacelle.

Le guindage se fait à mesure et est toujours en retard de deux travées, pour éviter l'encombrement.

Lorsque la vitesse du courant est faible, on n'ancre les bateaux d'amont que de trois en trois, ou même de quatre en quatre, mais lorsque la vitesse du courant dépasse 1^m,50, il est nécessaire d'ancre tous les bateaux d'amont.

984. REPLIEMENT. — Le repliement du pont s'effectue par des opérations inverses de celles employées pour la construction. Après avoir enlevé le tablier de la travée à replier, on ramène le bateau contre le

précédent, au moyen de ses traversières et de son cordage à ancre. Ce bateau reçoit le cordage d'ancre du premier, s'il n'en a pas lui-même; il se replie de la même manière, puis il va lever l'ancre d'amont et il est conduit à la rive.

985. APPRÉCIATION DE CETTE MÉTHODE.

— Cette méthode de construction a l'avantage de la simplicité et de l'emploi du minimum de matériel, mais elle présente l'inconvénient d'intercepter la navigation. On y remédie en partie en faisant une coupure, au moyen d'une portière établie au point le plus favorable pour la navigation ascendante.

Cette portière est construite à part, en aval du pont, comme il sera indiqué plus loin pour la construction du pont par portières; elle est amenée à la place qui

lui est destinée aussitôt que la travée qui doit la prendre est convenablement préparée. Les deux bateaux qui encadrent la portière sont toujours ancrés en amont et en aval; leurs ancres sont mouillées de manière que les cordages d'ancre soient divergents, pour maintenir l'écartement des bateaux et ne pas gêner le passage. Cette portière peut être ouverte ou fermée très rapidement par un détachement composé de un sous-officier et de douze hommes.

La construction d'un pont de bateaux d'une longueur de 100 mètres est faite en une heure, lorsque tout le matériel est déchargé à pied d'œuvre.

986. CONSTRUCTION D'UN PONT DE BATEAUX PAR PORTIÈRES (fig. 492).

Cette méthode de construction consiste

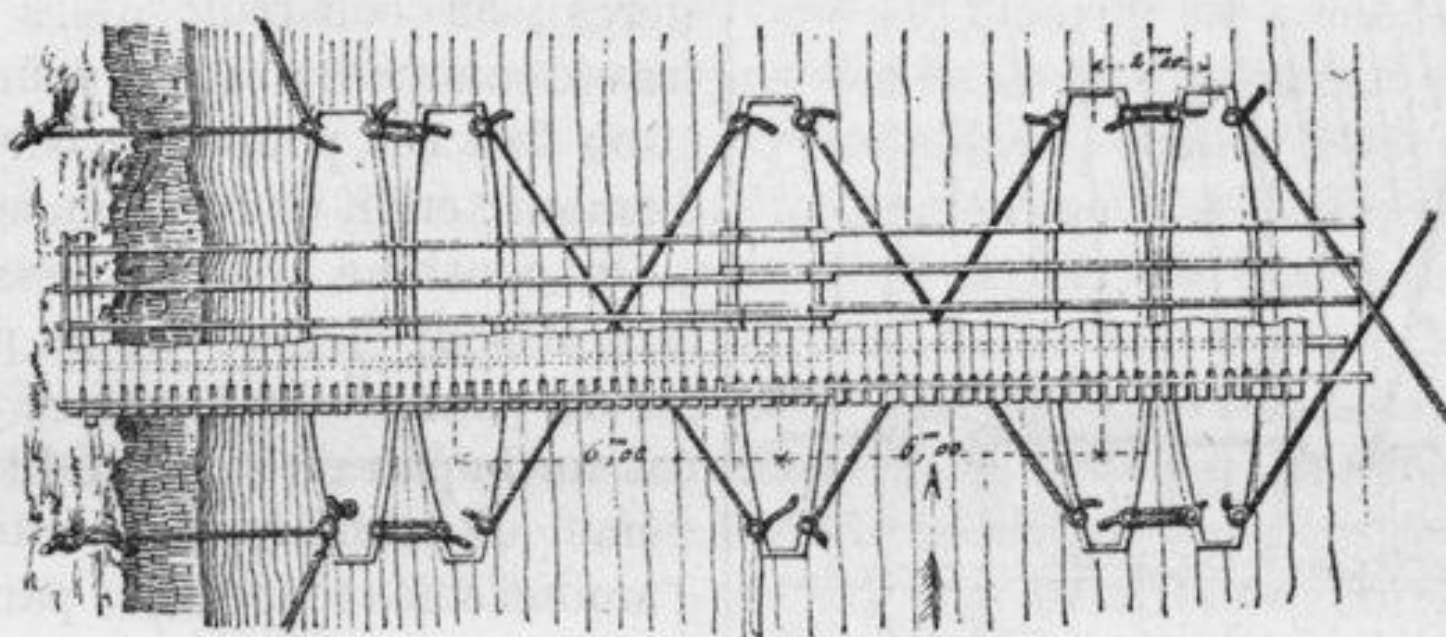


Fig. 492.

à réunir à la suite les unes des autres des portières construites d'avance.

987. Portière. — Une *portière* est un assemblage de deux ou trois bateaux formant un élément complet de pont. On les construit en amont de l'emplacement du pont et de la manière suivante, par un détachement composé de un sous-officier et douze hommes.

Les bateaux sont disposés à 6 mètres d'axe en axe et leurs amarres sont placées en croisière. Les poutrelles sont jumelées et brélées sur les bateaux du milieu, elles ne sont que brélées sur les bateaux extrêmes, qu'elles dépassent de 0^m,05. Les derniers madriers arrasent exactement

leurs extrémités et sont cloués sur trois d'entre elles. Le guindage de chaque portière est fait comme d'ordinaire; les poutrelles de guindage arrasent l'extrémité des dernières poutrelles de support.

988. Personnel nécessaire. — Le personnel nécessaire pour la construction d'un pont par portières est ainsi composé: un officier, un sous-officier et douze hommes pour la construction des culées, plus un détachement des portières commandé par un officier, comprenant autant de sections qu'il y a de portières (un sous-officier et quatre hommes) qu'il y a de divisions d'équipage.

989. Construction. — Toutes les por-

tières sont construites en même temps et successivement mises à place par les sections qui les ont construites. Pendant ce même temps, un détachement construit la première culée et sa travée, et va ensuite sur l'autre rive construire la deuxième culée et sa travée. Chaque portière mouille elle-même son ancre d'amont, qui est amarrée au bateau central et vient ensuite s'assembler au pont. La réunion des portières entre elles ou avec les travées de culées se fait au moyen d'un faux guindage (*fig. 493*).

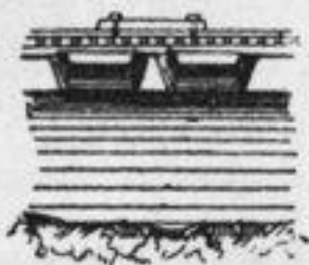


Fig. 493.

Pour cela on place une poutrelle de 2 mètres de manière que son milieu corresponde à la jonction des deux portières, et on l'assemble avec les extrémités des poutrelles extrêmes au moyen de colliers de guindage, sous lesquels on chasse des coins de collier pour serrer tout le système. A défaut de colliers de guindage, on se sert de commandes et de billots. On relie également par des traversières les bateaux extrêmes de deux portières voisines. On mouille alors les ancres d'aval, à raison d'une par portière, au moyen de nacelles. La réunion avec la deuxième travée de culée se fait de la même manière que pour la première travée.

990. Repliment. — Le repliment du ponts'effectue en séparant chaque portière, en jetant à l'eau le cordage d'ancre après avoir attaché une bouée à son extrémité, puis en conduisant chaque portière contre la rive, en aval du pont, où elle est démolie. On replie en même temps les deux travées de culée, puis on lève les ancres d'amont et d'aval.

991. Appréciation. — Cette méthode a l'avantage d'être beaucoup plus expéditive que la précédente, lorsqu'on peut

construire la portière dans un bras de fleuve, à l'abri des vues de l'ennemi, car alors la mise en place se fait avec une extrême rapidité ; de plus lorsque le pont est construit, les portières donnent moyen d'y faire rapidement des coupures pour laisser passer les corps flottants. Par contre, ce procédé présente l'inconvénient d'exiger plus de matériel, puisque les bateaux extrêmes des portières voisines sont à 2 mètres d'axe en axe, au lieu de 6 mètres ; il en résulte que, avec des portières de trois bateaux, en emploie 2/7 de bateaux en plus du nombre nécessaire pour la construction par bateaux successifs ; avec des portières de deux bateaux il en faut moitié en plus.

Les portières peuvent servir à jeter des troupes sur la rive opposée, avant de prendre place au pont, c'est une faculté très précieuse et qui sera presque toujours utilisée pour les passages offensifs. Chaque portière peut recevoir cent hommes ou une pièce d'artillerie avec son attelage.

992. CONSTRUCTION D'UN PONT DE BATEAUX PAR PARTIES (*fig. 494*).

Cette méthode a beaucoup d'analogie avec la précédente, mais elle en diffère essentiellement en ce que les éléments de pont, ou parties, formés de trois bateaux placés à 6 mètres d'axe en axe, ne sont pas complètement terminés comme les portières ; le tablier s'arrête à 0^m,50 des bateaux extrêmes et n'est pas guindé. Cette disposition permet, lors de la mise en place des parties, de laisser, entre les bateaux extrêmes de deux parties voisines, un intervalle de 6 mètres d'axe en axe, et par suite de construire une travée ordinaire pour opérer leur jonction, en sorte que le pont une fois terminé est absolument le même que s'il avait été construit par bateaux successifs.

993. Construction d'une partie. La construction d'une partie de trois bateaux se fait de la même manière qu'une portière de trois bateaux, sauf les modifica-

tions suivantes : Les poutrelles de la première travée sont placées en amont des crochets du premier bateau et en aval de celles du deuxième ; celles de la deuxième travée en amont des crochets de pontage des deuxièmes bateaux. Les

poutrelles restent découvertes au-dessus des bateaux extrêmes et ne sont brélées sur ces deux bateaux que par un tour de commande. Chaque partie et la travée de culée portent le matériel de la travée de jonction avec la partie suivante.

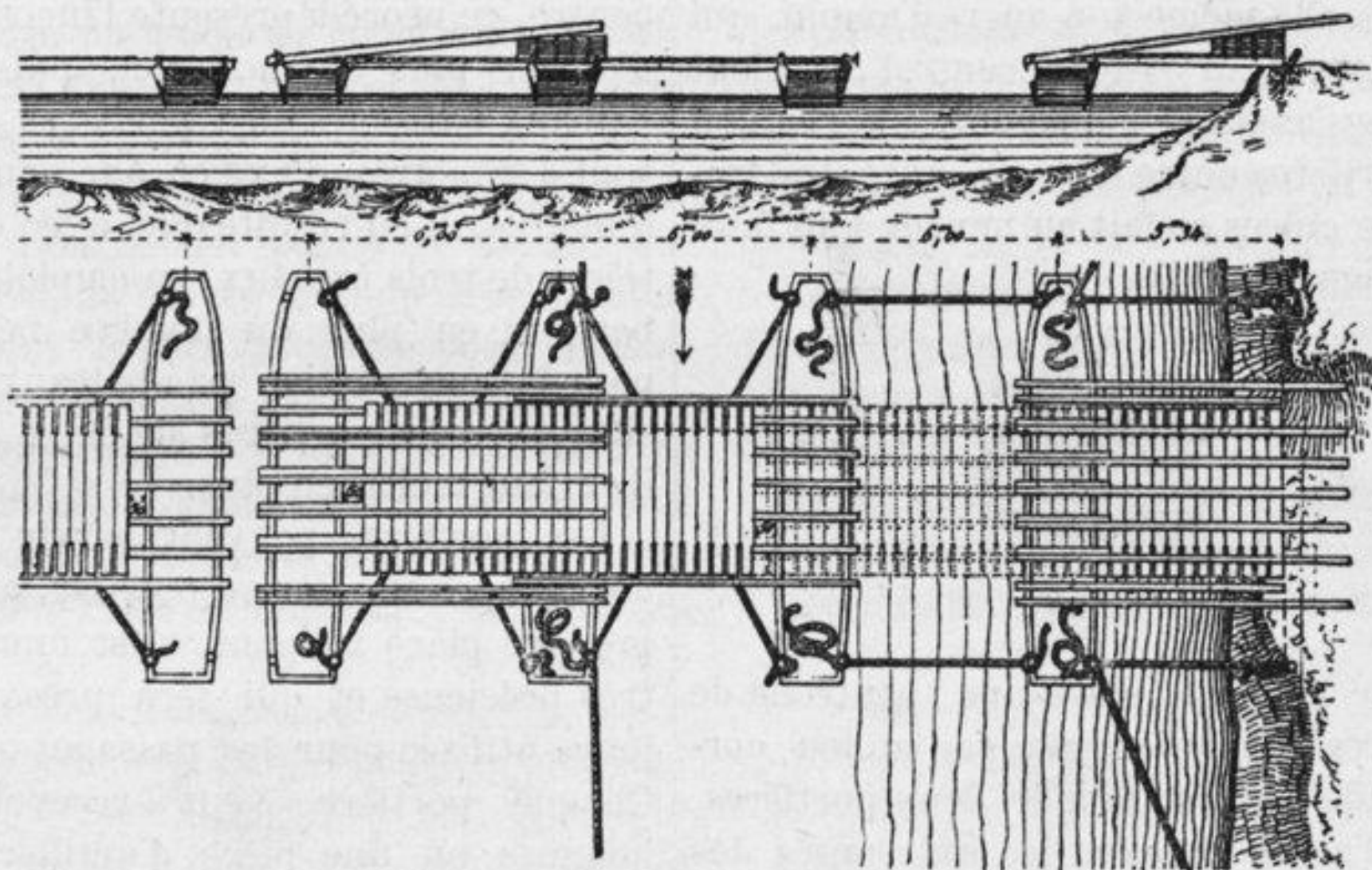


Fig. 494.

Le personnel nécessaire pour construire une partie est de un sous-officier et douze hommes, comme pour construire une portière ; de même, la construction du pont par parties nécessite le même personnel que la construction du pont par portières.

994. Construction du pont. — La construction du pont se fait de la manière suivante : On construit d'abord toutes les parties, simultanément, ainsi que la première culée et sa travée. On prépare ensuite la construction de la travée de la deuxième culée, puis chaque partie va mouiller son ancre d'amont (ou ses deux ancras d'amont quand le courant est rapide) et vient alors s'assembler à la travée de culée ou à la partie précédente ; la réunion se fait au moyen d'une travée de tablier, brélée et guindée comme il a été dit pour le pont par bateaux successifs. On mouille ensuite les ancras d'aval

au moyen des nacelles, puis lorsqu'on est arrivé à hauteur de la travée de la deuxième culée, on opère de même la réunion avec celle-ci et l'on achève le tablier.

995. Replie ment. — Le repliement du pont peut se faire de deux manières : 1° *Par parties*, que l'on détache successivement et que l'on vient ensuite replier à la rive, comme il a été dit pour les portières ; 2° *par bateaux successifs*, puisque le pont une fois construit présente le même aspect et les mêmes dispositions que s'il avait été construit par cette dernière méthode. Dans ce cas on met en traversières les croisières des parties. Le repliement par bateaux successifs est préférable à l'autre, aussi est-il presque toujours employé.

996. Appréciation. — La construction du pont par parties présente les avantages du pont par portières, au point de vue de

la rapidité de l'établissement et de la possibilité de construire toutes les parties à la fois; il présente également l'avantage du pont par bateaux successifs, de n'exiger que le minimum de matériel; son inconvénient est d'être plus facile à disloquer que les premiers, les travées de réunion étant moins solides, en général, que les autres; de plus, la construction est difficile et exige des pontonniers expérimentés.

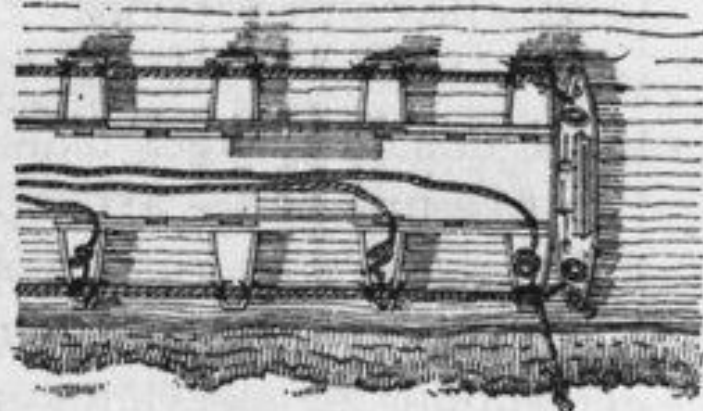
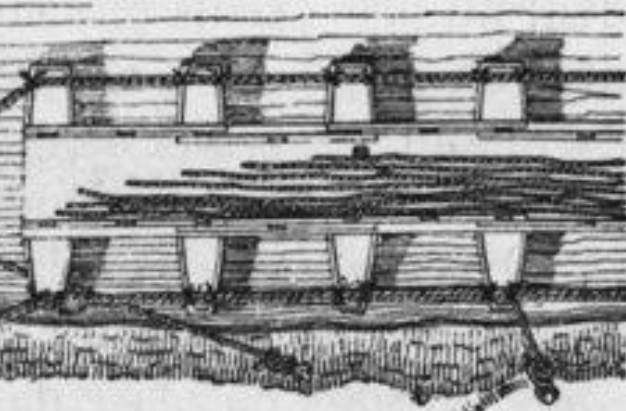
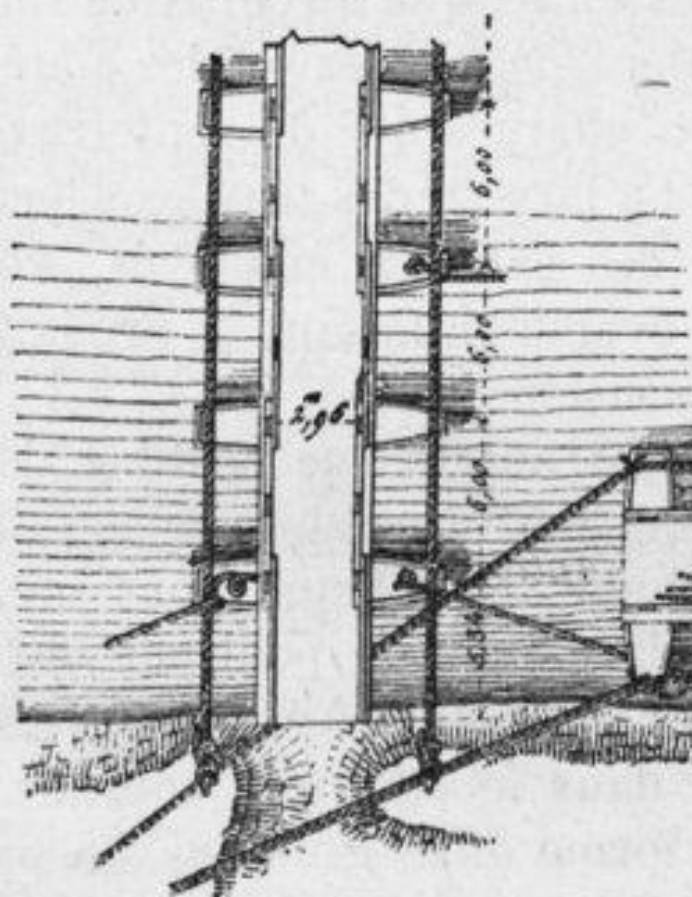
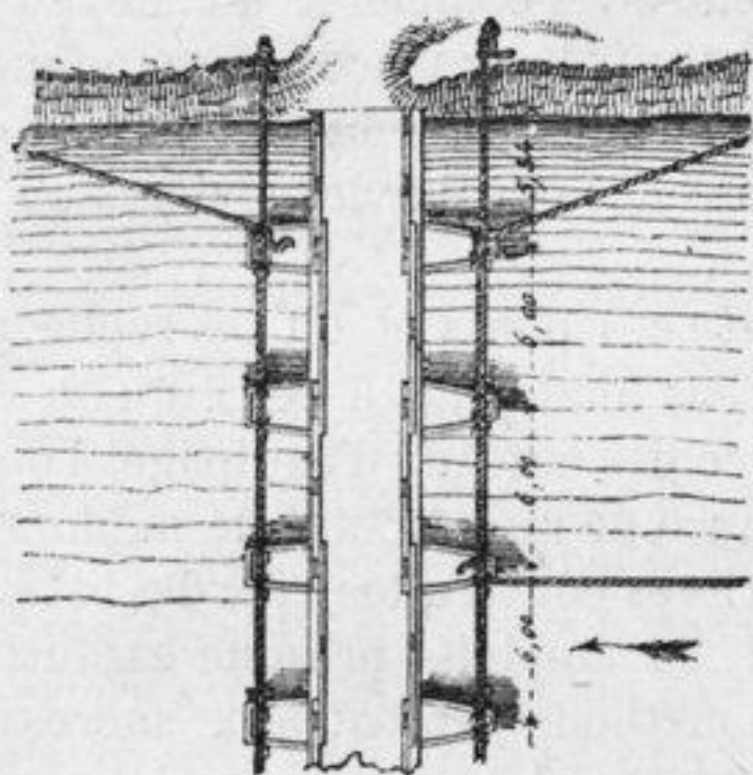


Fig. 495.

De même que dans les ponts par bateaux successifs, on établit généralement à l'endroit du thalweg, une portière pour permettre le passage des corps flottants.

997. CONSTRUCTION D'UN PONT DE BATEAUX PAR CONVERSION (fig. 495).

Cette méthode, qui fut imaginée par Napoléon 1^{er} pour franchir le petit bras du Danube, avant la bataille de Wagram,

consiste à construire le pont par bateaux successifs, le long de la rive, d'amont en aval, puis à le mettre en place par une conversion opérée à l'aide de cordages, de gaffes, de rames et du courant.

Pour cela, on effectue la construction du pont le long de la rive, de manière que le dernier bateau ponté soit d'une dizaine de mètres en amont de l'emplacement de la culée, qui est construite pendant ce temps. On amarre à l'avant et à l'arrière du dernier bateau deux faisceaux de cordages d'ancre, qui longent les poupées de tous les autres bateaux et qui y sont reliés au moyen de commandes. Ils sont fortement tendus et viennent s'attacher par leurs extrémités à deux pieux plantés sur la rive à l'emplacement de la culée. On dispose sur les bateaux les ancres, prêtes à être mouillées; on charge, dans une nacelle et sur le pont, tout ce qui est nécessaire à la construction de la deuxième culée et de sa travée, et l'on amarre la nacelle au bord extérieur du dernier bateau d'amont. Tous ces préparatifs étant terminés, on pousse au large la partie d'amont du pont avec des gaffes, en ramant sur les derniers

bateaux pour accélérer le mouvement, tandis que l'on agit aux faisceaux pour les maintenir tendus. Pendant la conversion, on mouille successivement les ancres, au fur et à mesure que l'on arrive à l'emplacement convenable pour chacune d'elles et l'on agit immédiatement après chacune de ces opérations aux cordages d'ancre, pour aider à diriger le mouvement. On

place au pivot des hommes munis de gaffes pour repousser le pont et empêcher le premier bateau de toucher la rive. Il faut avoir soin d'accélérer le plus possible la première moitié de conversion, car les bateaux masquent le courant, le pont entier forme barrage, ce qui fait gonfler les eaux et expose le pont à être submergé. Lorsque la conversion est terminée, on achève la travée de la première culée, on construit la deuxième culée et sa travée, on mouille les ancres d'aval et on enlève les faisceaux de cordages.

998. PERSONNEL. — Le personnel nécessaire pour construire le pont et le mettre en place se compose de : trois officiers, huit sous-officiers et soixante-dix-neuf hommes pour un pont de seize bateaux.

999. REPLIEMENT. — Pour replier un pont par conversion, on amarre deux faisceaux, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière du premier bateau, on les tend autour de deux pieux plantés sur la rive et on les brêle aux poupées de tous les bateaux. On replie ensuite les travées de première et de deuxième culées, on charge dans la nacelle tout ce qui était sur la première rive, et sur le tablier du pont le matériel de la travée de première culée, on amarre la nacelle contre le bord extérieur du premier bateau de l'aile marchante, on prolonge deux cordages d'ancre d'amont et l'on fixe une bouée à l'extrémité de tous les cordages d'ancre. Ces opérations étant effectuées, on agit à l'aile marchante pour déterminer et accélérer au besoin son mouvement de conversion ; on agit au pivot avec des gaffes pour empêcher que le bateau extrême ne touche la rive ; on tend le faisceau d'aval et l'on file du faisceau d'amont autour de son pieu ; enfin on agit à chaque cordage d'arrière pour empêcher le pont de se courber, avant de jeter sa bouée à l'eau. Lorsque la conversion est achevée, on amarre le pont à la rive.

1000. APPRÉCIATION. — Cette méthode est très rapide et permet de lancer un

pont en quelques minutes lorsque tous les préparatifs nécessaires ont été faits sur la rive. Elle exige beaucoup de sang-froid et d'habileté dans l'exécution et ne peut être employée qu'avec des hommes parfaitement exercés.

1001. PONTS DE BATEAUX DU COMMERCE. — Les ressources des équipages de ponts ne sont pas suffisantes pour permettre d'établir tous les ponts nécessaires aux passages de cours d'eau par les armées ; on cherche à les compléter au moyen du matériel trouvé sur place ; et notamment au moyen des bateaux du commerce, lorsqu'on en rencontre sur les rivières ou les canaux.

On jette ces ponts et on les replie par des moyens analogues à ceux qu'on emploie avec des bateaux d'équipage. Toutefois à cause de la difficulté de manœuvre des portières construites avec des bateaux inégaux, on emploie presque exclusivement la méthode par bateaux successifs.

Il est essentiel que les corps de support et le tablier soient assez solides pour supporter les charges qui doivent traverser le pont. La largeur des travées dépend du volume des bateaux employés, volume que l'on évalue en faisant le produit des trois dimensions.

On choisit autant que possible des bateaux de même forme et de mêmes dimensions ; quand les bateaux sont inégaux, on les place dans le pont par ordre de grandeur, de manière à éviter les ressauts ; on place dans le plus fort courant ceux dont la forme offre le moins de prise à l'eau, et dont la force de résistance permet la plus longue traversée.

Lorsque les plats-bords sont trop bas, on les élève au moyen de traverses entaillées pour le logement des plats-bords ; on met un, deux ou trois supports sur ces traverses dans le sens de la longueur du bateau, et on les maintient par des clameaux ou des commandes (*fig. 496*). C'est sur ces supports que s'appuient les poutrelles du tablier.

Lorsque les bordages de quelques bateaux sont trop élevés, mais suffisamment résistants, on diminue leur hauteur en pratiquant des entailles et en les chargeant de grosses pierres. Lorsque les bordages sont trop faibles ou trop évasés pour supporter les poutrelles, on fait reposer celles-ci sur un chevalet-support

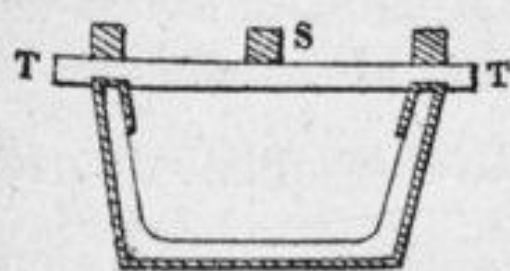


Fig. 496.



Fig. 497.

dressé sur le fond et dans l'axe du bateau. Il faut avoir soin dans ce cas de faire reposer les pieds du chevalet sur les courbes et non sur le fond du bateau.

Ce chevalet peut être construit de différentes manières; on peut le faire en forme de tréteaux (fig. 497); on peut aussi le composer d'un chapeau soutenu par des montants et des entretoises à une hauteur convenable au-dessus d'une semelle placée sur le fond, dans l'axe du bateau. (fig. 498) Des traverses entaillées pour embrasser les plats-bords empêchent le

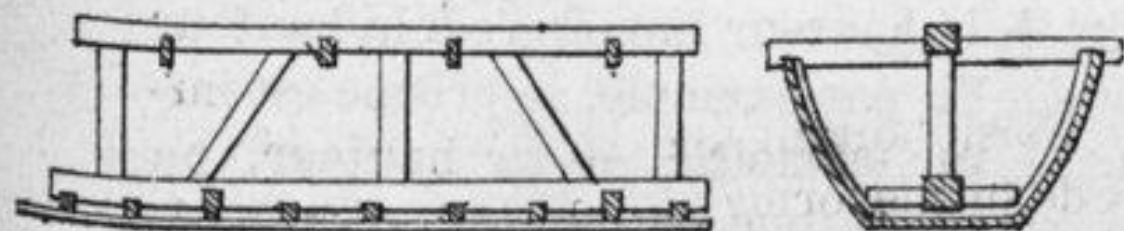


Fig. 498.

déversement dans le sens de l'axe du pont. Des tasseaux cloués sur les courbes, servent à caler la semelle et à la maintenir en place.

Lorsque les bateaux dont on dispose sont très grands, mais en nombre insuffisant, on peut les scier en deux. On établit, en conséquence dans le milieu du bateau et à peu de distance l'une de l'autre, deux cloisons bien calfatées et soutenues par des courbes; on scie ensuite le bateau entre ces deux cloisons.

1002. Pontage à grande portée. —

Lorsque le pont n'est pas destiné à supporter des fardeaux considérables, relativement à la force du matériel qu'on emploie, on peut ne faire couvrir à chaque poutrelle qu'un bateau, et la faire simplement reposer sur le plat-bord du bateau voisin, c'est ce qui constitue le pontage à grande portée (fig. 499).

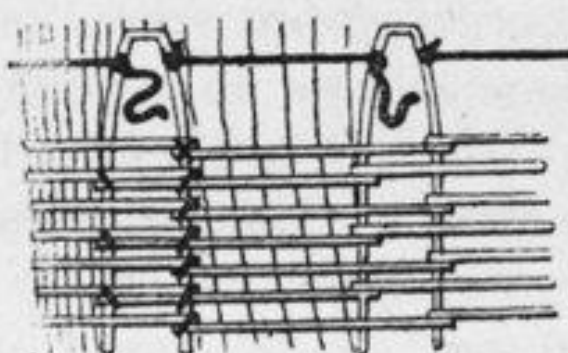


Fig. 499.

1003. Pontage à très grande portée. —

Si les bateaux ont assez de force de support, et que l'on soit bien sûr de leur résistance, on peut ponter à de très grandes portées, en ne faisant porter les poutrelles que sur un plat-bord seulement de chacun des deux bateaux qui les supportent. Les poutrelles des deux travées

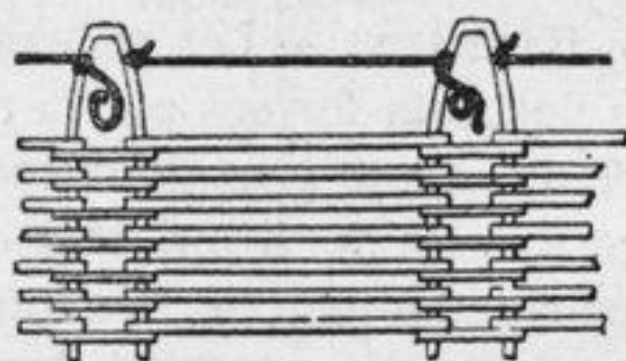


Fig. 500.

consécutives sont reliées entre elles par des fausses poutrelles, placées sur les deux plats bords d'un même bateau. (fig. 500).

1004. PRÉCAUTIONS A PRENDRE CONTRE LES CRUES. — Lorsque les eaux sont su-

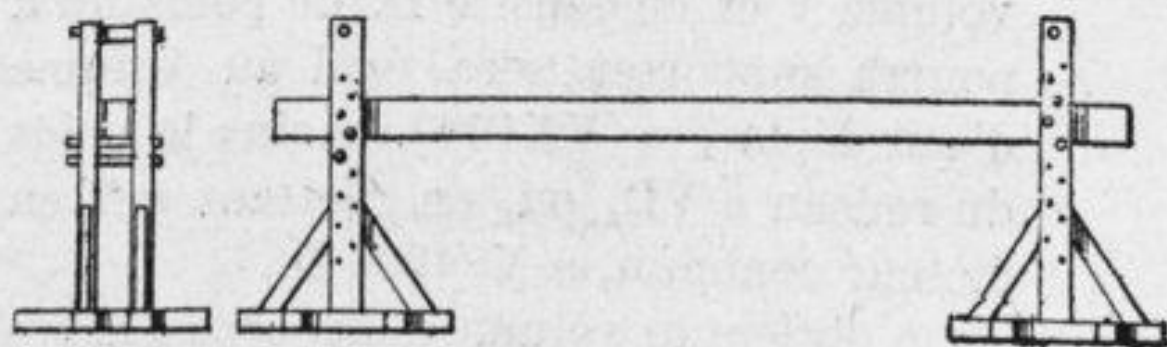


Fig. 501.

jettes à des crues fréquentes, on construit les culées en des points du rivage suffi-

samment élevés pour qu'elles soient au-dessus du niveau des hautes eaux. On dispose alors, dans les bateaux voisins des rives, des chevalets dont le chapeau peut être élevé ou abaissé à volonté, et c'est sur ces chevalets qu'on fait reposer les

poutrelles du tablier (*fig. 501*). Lorsque la hauteur des eaux diminue, on élève les chapeaux des chevalets, de manière à raccorder en pente douce la culée avec le tablier du front; on les abaisse au contraire lorsque les eaux montent.

CHAPITRE V

PONTS DE RADEAUX

§ I.— RADEAUX

1005. RADEAUX. — Les radeaux sont des corps flottants formés par la réunion de matériaux d'une pesanteur spécifique inférieure à celle de l'eau, tels que des corps d'arbres, des poutres, des tonneaux, des peaux de boucs gonflées, des caisses goudronnées, etc.

1006. Charge. — La charge qu'ils peuvent supporter est égale à la différence entre le poids de l'eau qu'ils déplacent, et leur propre poids; pour évaluer cette force de support, supposons qu'on ait un radeau composé de n corps d'arbres, de volume V et de densité D . Le poids qu'il pourra supporter sera égal au volume d'eau déplacé $n \times 1000$, moins le poids du radeau $n \times VD$, ou, en mettant $n \times V$ en facteur commun, $n \times V (1000 - D)$.

On obtient le volume d'un corps d'arbre par la formule $V = 0.08 C^2 L$, dans laquelle C désigne la circonférence du milieu de l'arbre et L sa longueur.

1007. Densité. — La densité varie

suivant les essences de bois, et suivant le degré de dessiccation. Pour la déterminer pratiquement, on fait flotter un prisme régulièrement taillé, et l'on estime le rapport de la hauteur immergée à la hauteur totale. Si, par exemple, le prisme est immergé sur la moitié de sa hauteur, on en conclura que sa densité est $1/2$ de celle de l'eau ou 500, etc.

Quand on emploie des bois secs, il faut tenir compte de l'imbibition qui varie suivant les essences et suivant le temps pendant lequel les bois doivent être immergés. On admet que la force de support diminue de ce fait de $1/6$ à $1/4$ de sa valeur théorique.

1008. Calcul des éléments. — Pour déterminer les éléments d'un pont de radeaux construit avec des bois de dimensions données, et capable de supporter une charge p par mètre courant (tablier compris), L étant la largeur de la rivière, V le volume moyen des corps

d'arbres, F la force de support, par mètre cube, du bois employé; le nombre de corps d'arbres à employer sera donné par la formule : $n = \frac{pL}{VF}$. Il y a intérêt à répartir ces n corps d'arbres dans le plus petit nombre possible de radeaux, afin de laisser de larges intervalles pour le passage des corps flottants. Ce nombre minimum N de radeaux du pont sera donné par la

formule ci-après : $n = \frac{L - nd}{X} - 1$,

dans laquelle X désigne la portée maxima qu'on peut donner aux poutrelles du tablier, et d le diamètre moyen des arbres.

Connaissant le nombre total de corps d'arbre nécessaires, n , ainsi que le nombre

minimum N de radeaux, on en déduit que le nombre de corps d'arbres composant chaque radeau $= \frac{n}{N}$.

1009. Longueur des radeaux. — Les radeaux doivent avoir au moins 12^m de longueur, pour présenter une stabilité suffisante dans le sens longitudinal; lorsqu'on ne trouve pas de corps d'arbres de cette longueur, on les met bout à bout par deux. De là deux types de radeaux d'arbres, le radeau n° 1 composé de corps d'arbres d'au moins 12^m de longueur, et le radeau n° 2 composé d'arbres de moins de 12^m de longueur, accouplés deux à deux par leurs gros bouts.

1010. RADEAU N° 1 (*fig. 502*). — Il se

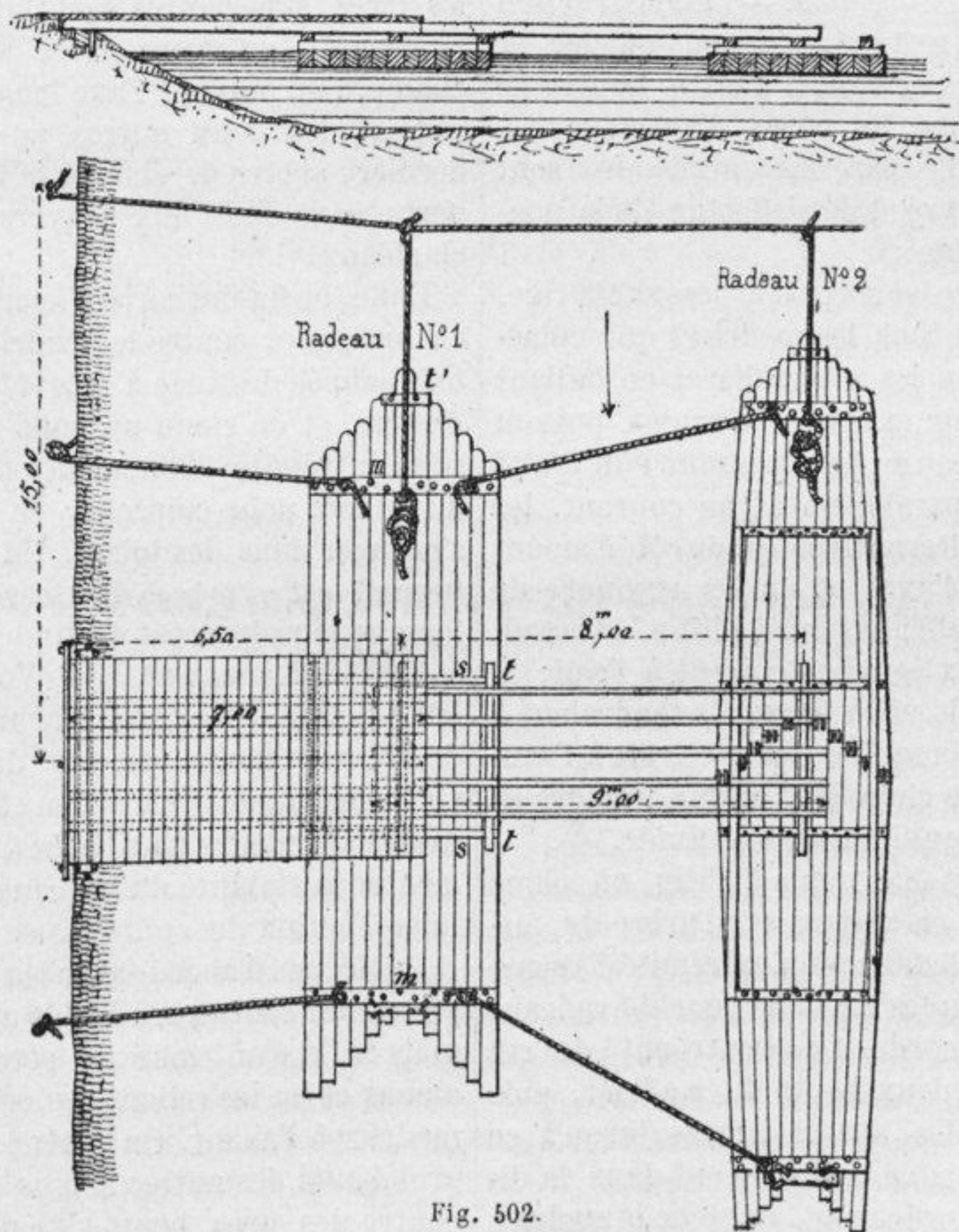


Fig. 502.

compose: 1° de *corps d'arbres* en nombre | variable suivant leurs dimensions et la
Sciences militaires.

nature du bois, mais généralement au nombre de treize; 2° de deux *traverses* *tt* de 0^m, 22 de largeur, 0^m, 16 de hauteur, et d'une longueur telles qu'elles dépassent les arbres extérieurs d'environ 0^m, 15; elles sont destinées à relier les corps d'arbres et à recevoir les supports; 3° de trois *supports* *s* de 0^m, 22 d'équarrissage et de 4^m de longueur, pour recevoir les poutrelles du tablier; 4° de deux *madriers* *m* de 0^m, 33 de largeur et de 0^m, 055 d'épaisseur, avec une longueur égale à celles des traverses; ces pièces servent à assembler les arbres à leurs extrémités; 5° la *petite traverse de tête* du radeau *t'*, fixée sur trois arbres : largeur 0^m, 16, épaisseur 0^m, 055.

1011. Construction. — La construction d'un radeau n° 1 exige un sous-officier et huit hommes et trois à quatre heures de temps lorsque les corps d'arbres sont à l'eau et que les matériaux nécessaires sont à pied d'œuvre. Elle s'effectue de la manière suivante :

On prépare les corps d'arbres sur la rive, en coupant tous les madriers qui empêcheraient de les assembler et en taillant en sifflet leur extrémité d'amont, puis on les met à l'eau en les disposant l'un à côté de l'autre parallèlement au courant, les gros bouts alternativement du côté d'amont et du côté d'aval, et on les recouvre de quelques madriers pour faciliter le travail. Les radeaux se construisent à l'eau; si on les établissait à terre, ils tendraient à se désunir lorsqu'on les mettrait à l'eau, chaque pièce cherchant alors à prendre sa position d'équilibre dans le fluide.

Les arbres étant mis à l'eau, on cloue un madrier en travers sur l'arbre du milieu, à une distance de l'extrémité d'amont égale à la moitié de la largeur du radeau; on tend un cordeau de l'extrémité de cet arbre aux deux bouts du madrier, puis on descend les autres arbres jusqu'à ce que les bouts en sifflet soient dans la direction du cordeau, et l'on cloue le madrier à tous les arbres; on cloue ensuite en aval

un madrier arasant le bout de l'arbre du milieu dépassé par tous les autres.

Le radeau étant assemblé, on détermine son axe transversal en faisant marcher posément quelques hommes de front de l'avant vers l'arrière, jusqu'au moment où l'avant cesse de plonger; on trace alors l'axe du pont à 0^m, 40 en amont et en aval, suivant que le radeau devra être amarré à une cinquenelle ou à une ancre.

On place ensuite, parallèlement à cet axe, et à 1^m, 70 environ à droite et à gauche, deux traverses que l'on fixe avec des chevilles, des broches ou des clameaux sur chacun des arbres du radeau, en entaillant ceux-ci et en interposant des cales pour assurer le contact; sur ces traverses, dont les faces supérieures sont dans un plan horizontal, on pose trois supports de champ, l'un suivant l'axe longitudinal du radeau, les deux autres au-dessus des derniers arbres de chaque côté. Ces supports sont fixés aux traverses par des clameaux.

Enfin, on fixe au corps d'arbre du milieu, en arrière et contre le madrier d'avant, une poupée destinée à recevoir le cordage d'ancre, et on cloue un bout de madrier sur l'extrémité d'amont des trois arbres du milieu, pour empêcher ce cordage de s'engager dans les joints. Un porte-gouvernail est placé à l'extrémité d'aval, lorsque le radeau est destiné à naviguer.

1012. RADEAU N° 2. — (Voir la figure 502.) Lorsque les corps d'arbres ont plus de 6^m, mais moins de 12^m de longueur, on les accouple deux à deux en les réunissant par leurs gros bouts, afin d'augmenter la stabilité du radeau et de diminuer l'action du courant.

On forme d'abord, avec la moitié des pièces, un radeau semblable au type n° 1, mais en plaçant tous les petits bouts en amont et en les reliant seulement par un madrier à l'avant. On amène ensuite les gros bouts des autres arbres derrière et contre les gros bouts des premiers, et l'on réunit ces bouts avec des clameaux

ou avec des éclisses en madriers, chevillées ou clouées (fig. 503).

On serre ensuite les petits bouts et l'on cloue un madrier sur la queue du radeau total. On place alors deux traverses à droite et à gauche de l'axe transversal,

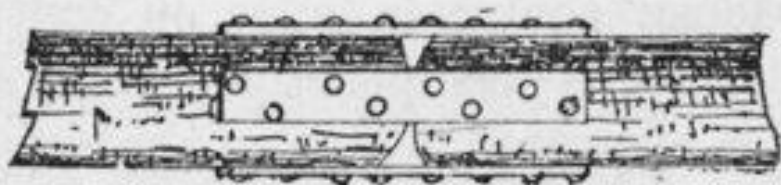


Fig. 503.

comme pour le radeau n° 1, puis deux autres traverses éloignées du centre du radeau d'une distance égale à la moitié de la longueur moyenne des arbres. On place alors trois supports, les deux extrêmes posant sur les quatre traverses; celui du milieu sur les traverses intermédiaires.

On termine le radeau comme le précédent, en le munissant d'une poupée d'amont, d'un bout de madrier pour retenir le cordage d'ancre, et d'un porte-gouvernail.

1013. *Cas où les arbres ont un diamètre insuffisant.* — Lorsque le diamètre des arbres est trop faible, ou lorsque

la densité des bois employés est un peu forte, on met les arbres sur plusieurs couches superposées et réunies par un chevillage, ce qui permet d'augmenter la force de support et l'écartement des radeaux (fig. 504).

2 couches



3 couches



Fig. 504.

Les radeaux de cette espèce sont employés en particulier pour transporter des troupes d'une rive à l'autre, car leur force de support permet d'y placer des troupes sur toute la surface; on établit alors, au-dessus des arbres, un véritable plancher formé de poutrelles recouvertes de madriers jointifs.

§ III. — CONSTRUCTION D'UN PONT DE RADEAUX D'ARBRES (VOIR LA FIGURE 502)

1014. *Méthodes employées.* — Les ponts de radeaux se construisent comme les ponts de bateaux, par la méthode des bateaux successifs, seulement les radeaux sont tous disposés en aval du pont à construire, pour qu'ils ne puissent pas être entraînés par le courant sur la partie déjà construite; on les remonte à la gaffe ou à la ligne, jusqu'auprès du dernier radeau ponté, où ils reçoivent le bout de leurs cordages d'ancre.

La manœuvre usitée pour construire les ponts de radeaux n'est pas la même

dans l'artillerie que dans le génie. Dans l'artillerie, on admet que le détachement nécessaire pour construire un pont de 100^m de longueur doit être fort de trois officiers, douze sous-officiers et cent vingt-quatre hommes; dans le génie on se contente d'un officier, cinq sous-officiers et quarante-deux hommes. Dans les deux armes, on arrive à construire les ponts de radeaux avec les détachements indiqués ci-dessus, mais il est certain que l'artillerie construit le sien avec beaucoup plus de rapidité que le génie, d'abord

parce qu'elle a des brigades se relayant pour amener alternativement les radeaux de numéros pairs et ceux des numéros impairs, ensuite parce que toutes ces brigades sont plus nombreuses. Enfin, dans le génie, on suppose qu'il suffira d'amarrer les radeaux d'une cinquenelle, tandis que dans l'artillerie, on prévoit qu'il faudra le plus souvent les ancrer en amont et en aval.

Nous indiquons ci-après le sommaire de la manœuvre dans les deux armes.

1015. Sommaire de la manœuvre de l'artillerie. — Construire la première culée; amener le premier radeau à hauteur de la culée; planter les piquets d'amarrage; fixer le cordage d'ancre; apporter les poutrelles de la première travée; pousser au large le premier radeau; clameauder les poutrelles sur le corps mort, et, lorsque le radeau est placé, clameauder les poutrelles sur le deuxième support. Fixer le cordage d'ancre à la poupée, amarrer les traversières aux piquets; couvrir. Mouiller une ancre pour le deuxième radeau, amarrer le deuxième radeau contre le premier, apporter les poutrelles de la deuxième travée, pousser au large le deuxième radeau; accoupler les poutrelles sur le premier radeau; clameauder les poutrelles sur le support du milieu du deuxième radeau, fixer le cordage d'ancre à la poupée; amarrer les traversières; couvrir. Faire pour les autres radeaux ce qui a été fait pour les premier et deuxième, et commencer le guindage dès que le troisième bateau est poussé au large. Le dernier étant mis en place, placer les poutrelles de la deuxième culée en se servant de la nacelle; fixer le corps mort; clameauder les poutrelles; couvrir;

achever le guindage. Le pont terminé, démarrer les traversières et les rouler sur les radeaux auxquels elles appartiennent sans les en détacher.

1016. Sommaire de la manœuvre dans le génie. — On suppose les culées construites et la cinquenelle tendue. Amener un radeau contre la culée ou contre le dernier corps de support placé et le relier par des amarres à la rive ou à ce support; apporter les poutrelles de la travée à construire, et les clameauder sur le radeau; pousser celui-ci au large jusqu'à ce que les extrémités postérieures des poutrelles arrivent à hauteur du madrier de culée, ou à 0^m,50 en arrière du support du milieu de l'avant-dernier radeau; les clameauder, arrêter les amarres ou traversières; amarrer le radeau à la cinquenelle; couvrir.

Quand la navigation exige qu'il y ait une portière au thalweg, on la compose de un à deux radeaux; elle est reliée aux parties fixes du pont au moyen de fausses poutrelles et d'un faux guindage.

1017. Repliement. — Le repliement du pont s'opère par radeaux successifs, d'après la marche suivie pour les ponts de bateaux.

1018. Appréciation. — Les ponts de radeaux présentent l'avantage de pouvoir s'employer avec les cours d'eau les plus profonds, aussi bien qu'avec ceux dont la profondeur est la plus faible; de plus, les bois dont ils se composent sont très faciles à trouver; leur inconvénient est d'offrir beaucoup de prise au courant et d'être lourds à manœuvrer; aussi ne conviennent-ils que sur les cours d'eau dont la vitesse est inférieure à 2 mètres par seconde.

§ IV. — RADEAUX DE TONNEAUX

1019. Force de support. — On peut aussi construire des radeaux au moyen de tonneaux, lorsqu'on trouve ces derniers objets sur place. La force d'un pareil radeau dépend du nombre de tonneaux employés et de leur capacité. On déter-

mine la jauge d'un tonneau au moyen de la formule : $v = 0,78 ld^2$, dans laquelle l désigne la longueur intérieure, et d le diamètre moyen, c'est-à-dire le tiers de la somme du diamètre intérieur au fond et du double diamètre au bouge. Le résultat représente en kilogrammes la force de support du tonneau.

On calcule d'après le chiffre ainsi obtenu, le nombre de tonneaux nécessaires pour chaque radeau, de manière que le pont ait à peu près la même force que le pont de radeaux d'arbres. On forme les radeaux en assemblant les tonneaux sous

un châssis léger, qui sert de support au tablier !

1020. Construction. — La figure 505 représente un radeau formé de 14 tonneaux de 1 mètre de longueur et de 0^m,84 de diamètre au bouge. Le châssis se compose de quatre supports parallèles, d'environ 8 mètres de longueur, reliés entre eux par quatre traverses de 2^m,50, les quatre supports laissent entre eux trois cases ; celle du milieu reste vide et ne sert qu'à augmenter la stabilité transversale du radeau ; elle peut du reste être supprimée sans grand inconvénient. Les tonneaux

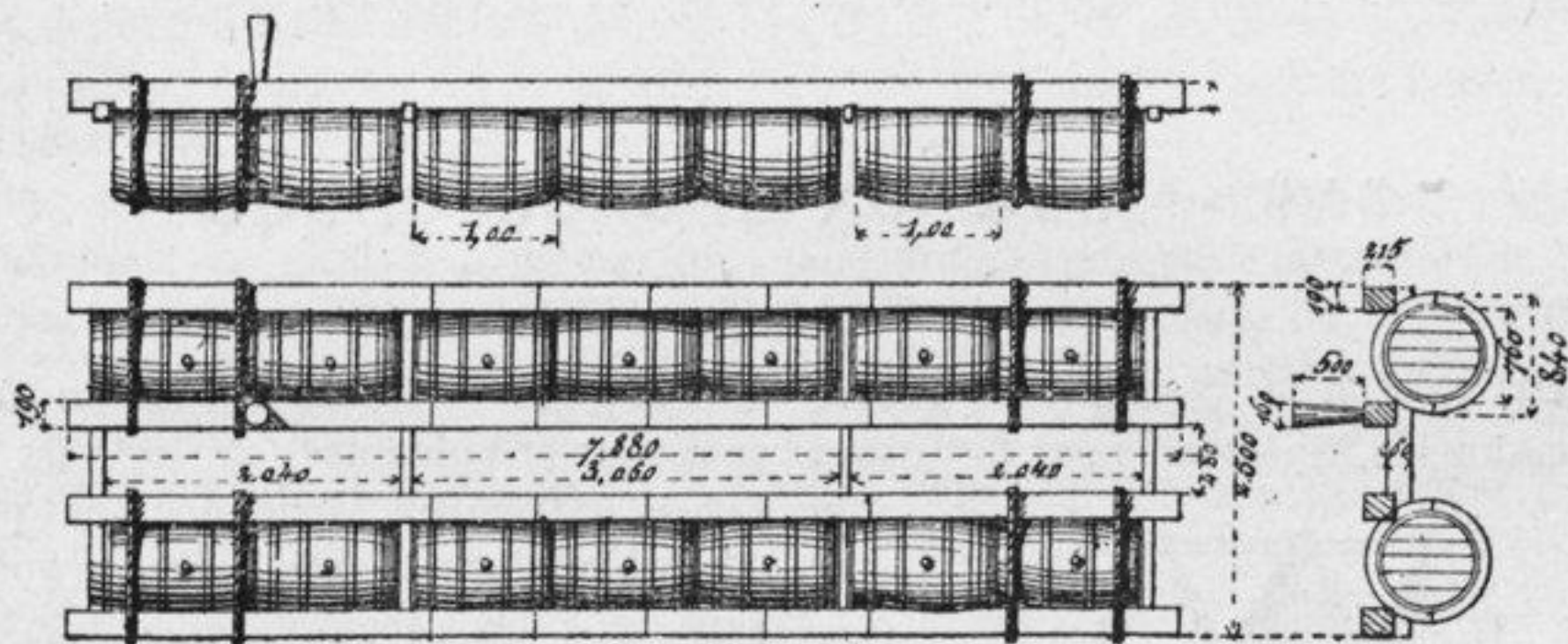


Fig. 505.

sont mis en files dans les cases latérales, les bondes en dessus ; ils sont brêlés au châssis. Si les tonneaux sont petits, on en forme deux rangs dans chaque case latérale. On place ensuite la poupée.

Souvent, pour garantir les tonneaux contre les corps flottants, on les protège, du côté d'amont, par un avant-bec formé de deux planches présentant un angle saillant au courant.

1021. Pontage. — Les radeaux de tonneaux se pontent comme les radeaux d'arbres. On fait porter les poutrelles sur tous les supports d'un châssis et sur deux

supports seulement du châssis suivant, ou sur tous les supports des deux châssis si leur longueur le permet.

1022. Appréciation. — Ces ponts ne conviennent qu'à des rivières dont le courant est peu rapide ; on ne peut pas non plus les employer en présence de l'ennemi, car les tonneaux ne résistent même pas aux balles de l'infanterie et sont coulés par les moindres projectiles.

En 1870, les Prussiens firent usage d'un pont de radeaux de tonneaux au siège de Strasbourg, pour franchir le fossé plein d'eau d'une lunette.

§ V. — RADEAUX DE CAISSES GOUDRONNÉES

1023. Construction et emploi. — On peut former des radeaux avec des caisses goudronnées, calfatées avec soin et divisées en compartiments, afin de localiser

les voies d'eau. Ces radeaux sont construits au moyen d'un châssis léger, d'une manière analogue aux radeaux de tonneaux.

§ VI. — RADEAUX D'OUTRES

1024. Construction et emploi. — On peut également former des radeaux avec des outres ou autres récipients étanches fermés. Les anciens ont fait souvent usage de ponts de ce genre, et les Anglais eux-mêmes s'en sont servis pendant la guerre d'Espagne en 1809. Ces ponts présentent tous les inconvénients que nous avons signalés plus haut pour les ponts de radeaux de tonneaux; de plus les outres doivent être constamment humectées par un arrosage pour les empêcher de se dégonfler, et, malgré cette opération, on est obligé de les regonfler souvent.

§ VII. — RADEAUX EN CAOUTCHOUC

1025. Emploi. — Pendant la guerre de sécession les Américains ont fait usage

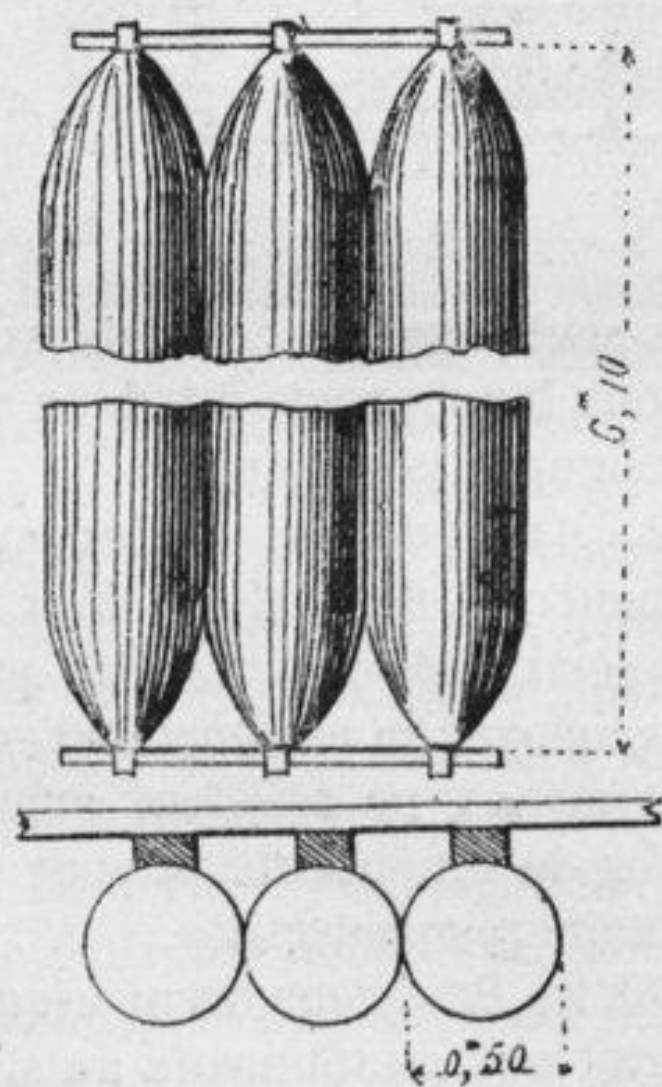


Fig. 506.

d'un équipage de radeaux en caoutchouc; ce radeau était composé de trois cylindres

d'une forte étoffe de coton en double épaisseur et vulcanisés sur les deux faces. Leurs extrémités, terminées en pointe, étaient reliées par une barre en bois passant dans des anneaux.

Ils étaient divisés chacun en trois compartiments et chaque compartiment était muni d'un tuyau et d'un robinet pour le gonflement, qui se faisait à l'aide d'un soufflet. Trois tringles en bois étaient fixées sur les cylindres et étaient réunies par deux traverses, de manière à former un cadre sur lequel s'appuyaient les poutrelles du tablier. L'équipage complet, formé de trente supports et de deux chevaux, permettait de jeter un pont de 182 mètres de longueur et son poids total n'était que la moitié de celui d'un équipage de pont français de même longueur. Son inconvénient était de ne pouvoir être utilisé en présence de l'ennemi, puisque quelques balles suffisaient pour crever les supports et les dégonfler.

CHAPITRE VI

PONTS DE CHEVALETS A QUATRE PIEDS

§1. — DESCRIPTION DU CHEVALET

1026. Parties qui le composent. — Le chevalet se compose d'un certain nombre de pièces de bois équarries ou en grume, réunies par des assemblages à queue d'hironde, des chevilles ou des broches ou des boulons, de manière à former un échafaudage analogue à un tréteau de maçon.

On distingue dans le chevalet à quatre pieds les parties suivantes (fig. 507) :

1° Un *chapeau a*, de 4^m,50 de longueur et 0^m,20 à 0^m,25 d'équarrissage ou 0^m,30 à 0^m,40 de diamètre, suivant l'essence du bois employé;

2° Quatre *pieds b*, de longueur variable, mais ne dépassant pas 3 mètres, et de 0^m,12 à 0^m,15 d'équarrissage, ou 0^m,17 à 0^m,20 de diamètre. Leur partie supérieure est terminée en queue d'hironde et vient se loger dans une entaille de même forme

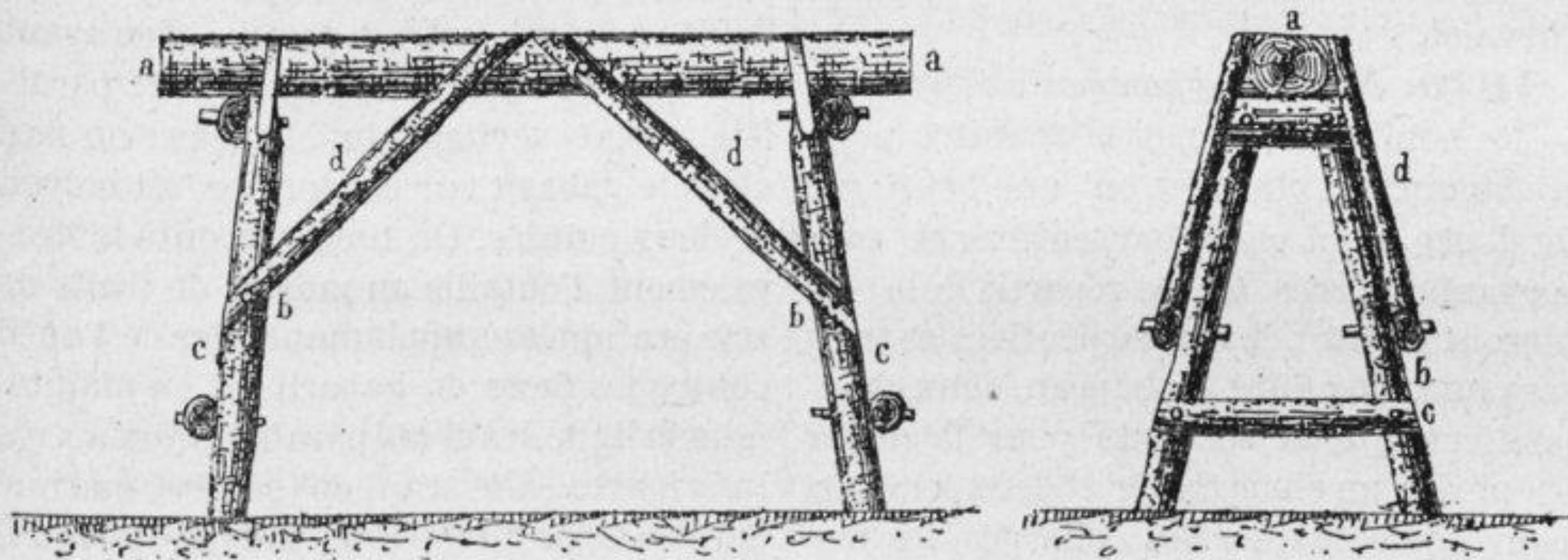


Fig. 507.

pratiquée dans le chapeau ; cet assemblage est consolidé par une cheville ou une broche. Les pieds sont inclinés à 10/4 (10 de hauteur pour 4 de base) dans le sens longitudinal et à 3/4 dans le sens transversal;

3° Deux *traverses c* de 0^m,08 sur 0^m,11 d'équarrissage ou de 0^m,25 à 0^m,30 de diamètre, fixées sur les pieds accouplés, à 0^m,50 de leur partie inférieure. Elles ont

pour objet de s'opposer à l'écartement des pieds dans le sens transversal;

4° Quatre *écharpes d*, de même force que les traverses et fixées d'une part au chapeau, au milieu de sa longueur, d'autre part aux pieds à 1/3 de leur hauteur à partir de la base. Les écharpes sont destinées à maintenir l'inclinaison des pieds dans le sens longitudinal;

5° Deux *coussinets e* de 0^m,20 sur 0^m,06

d'équarrissage au moins, ou des pièces de bois en grume de 0^m,20 de diamètre, refendues en deux suivant l'axe. Les coussinets sont fixés à la partie supérieure des pieds, au-dessous et contre le chapeau pour consolider l'assemblage.

1027. Assemblages. — On remarquera

que dans ce chevalet, les seuls assemblages un peu difficiles sont ceux des pieds et du chapeau, qui se font à queue d'hironde; tous les autres se font simplement en aplanissant légèrement les faces à mettre en contact, et en employant des chevilles, des broches ou des boulons.

§ II. — CONSTRUCTION DU CHEVALET

1028. Préparation des bois. — On commence d'abord par préparer les bois; le chapeau est coupé à sa longueur exacte; il n'en est pas de même des pièces de bois destinées aux pieds, aux écharpes, aux traverses, qui sont coupées un peu plus longues qu'il n'est strictement nécessaire, et dont on règle les dimensions après la confection du chevalet.

Les bois employés sont autant que possible d'essence légère (sapin, pin, peuplier), de manière à ne pas trop alourdir le chevalet.

1029. Nombre d'hommes nécessaires. — Le nombre d'hommes nécessaires pour construire un chevalet en une heure est de douze, dont cinq charpentiers et sept servants exercés. On les répartit de la manière suivante : deux charpentiers et trois servants pour faire le chapeau, deux charpentiers et deux servants pour façonner les pieds; un charpentier et deux servants pour confectionner les écharpes, les traverses et les coussinets.

1030. 1^{re} escouade. — Le travail de la première escouade consiste à pratiquer dans le chapeau des entailles qui doivent recevoir les pieds. Pour cela, on aplanit grossièrement à la hache la surface supérieure du chapeau et l'on marque avec la ligne les traces du plan vertical passant par l'axe. On couche ensuite le chapeau sur le côté et l'on trace les limites intérieures des entailles par deux légers traits de scie, menés à l'œil perpendiculairement

à la longueur de la pièce de bois à 0^m,75 des extrémités. On aplanit ensuite la surface en cet endroit, et on applique une pièce de bois, appelée *gabarit plein* qui a exactement la forme du tenon du pied (*fig. 508*); il se compose de deux parties dont l'une *a b c d e f g h* représente la partie du pied qui doit entrer dans l'entaille, et l'autre *e f g h i k l m* représente la partie extérieure du tenon. C'est cette dernière que l'on applique contre le chapeau, en faisant coïncider l'arête *e f* avec le trait de scie, et en ayant soin que la surface *e f g h* soit parallèle à l'axe vertical du chapeau; on fixe alors le gabarit sur ce dernier au moyen de deux pointes. On limite ensuite latéralement l'entaille au moyen de traits de scie pratiqués en appliquant le fer de l'outil contre les faces du gabarit, et en maintenant la ligne des dents parallèles aux arêtes inférieures. Un trait de repère, marqué sur les faces du gabarit, indique, lorsqu'il est dépassé par le dos de la scie, que l'entaille a une profondeur suffisante; il ne reste plus qu'à l'évider. Cette opération est la même pour chacune des quatre entailles du chapeau.

1031. 2^e escouade. — Pendant ce temps, les hommes de la deuxième escouade confectionnent les pieds, à raison d'un charpentier et un servant par pied. Pour cela, chaque charpentier façonne successivement deux pieds, en taillant avec l'herminette leur extrémité supérieure de

manière qu'elle puisse s'ajuster avec précision dans un *gabarit creux*, formé de trois planchettes clouées l'une sur l'autre et assujetties à leur partie supérieure par

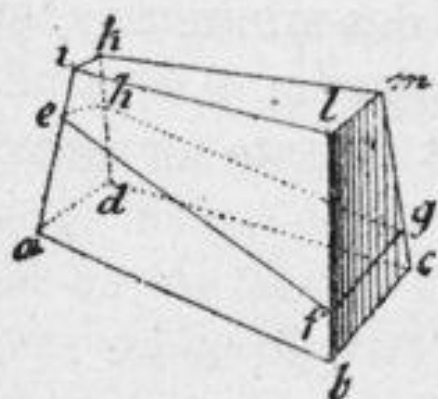


Fig. 508.

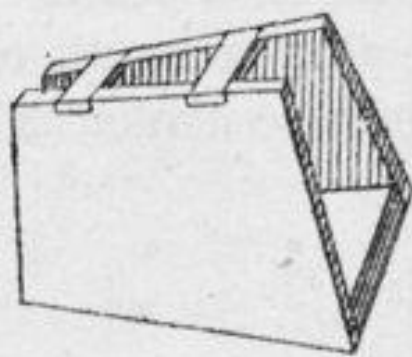


Fig. 509.

deux petites traverses, comme l'indique la figure 509. Ce gabarit creux doit être exactement rempli par le gabarit plein; il en résulte que lorsque la partie supérieure du pied s'ajuste à ce gabarit creux, il s'ajustera également à l'entaille du chapeau. Lorsque la partie supérieure

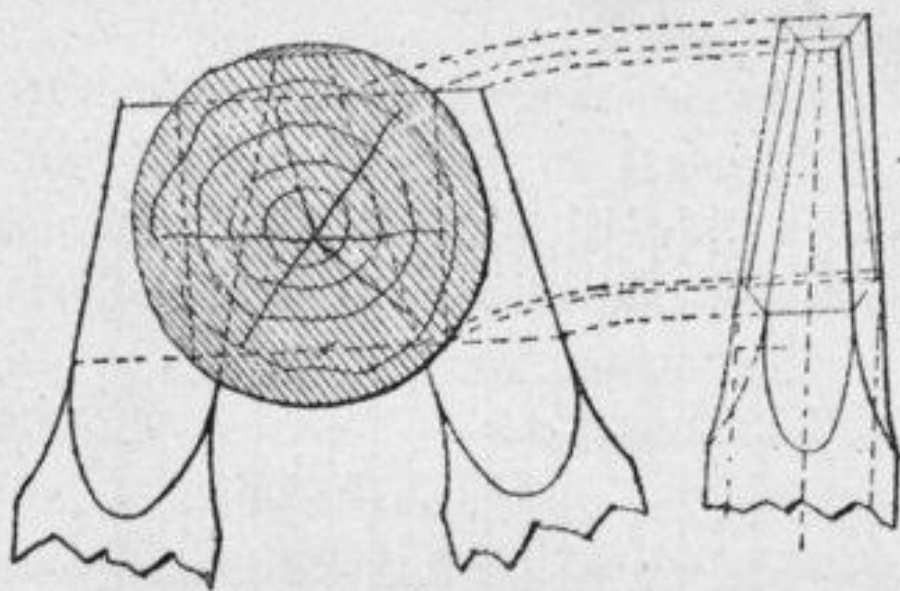


Fig. 510.

des pieds est façonnée, on les engage dans les entailles du chapeau, on les fixe à l'aide de broches ou de chevilles, puis on les scie à la longueur voulue d'après les résultats du sondage (fig. 507).

1032. 3^e escouade. — De son côté la troisième escouade a préparé les pièces de bois destinées à former les coussinets, les traverses et les écharpes, en aplanissant les parties qui doivent être en contact, en perçant les trous qui doivent donner passage aux broches ou aux chevilles, et en confectionnant ces dernières. L'assemblage de ces différentes pièces sur les pieds et le chapeau se fait alors simplement en les plaçant aux endroits convenables, et en les fixant à l'aide de broches ou de chevilles (fig. 510).

1033. CAS PARTICULIERS. — Les dimensions données plus haut pour les divers éléments du chevalet ordinaire permettent de faire passer sur le pont tous les fardeaux militaires, les travées étant de 5 mètres; mais plus habituellement on ne leur donne que 4 mètres pour plus de sécurité encore.

Quand les chapeaux sont trop faibles, ou quand on doit faire passer de l'artillerie de siège, on les consolide au moyen d'un montant vertical, ou *chandelle*, que l'on place en dessous et au milieu de leur longueur.

Quand les chevalets ont une très grande hauteur et que le pont est vacillant, on fait corriger ce défaut en ajoutant à chaque extrémité du chevalet un troisième pied formant *arc-boutant*.

On emploie différentes méthodes pour construire les ponts de chevalets, suivant la nature des rives, la vitesse du courant, les ressources dont on dispose, etc. — Nous allons décrire sommairement, ci-après, ces divers procédés de construction.

§ III. — CONSTRUCTION D'UN PONT DE CHEVALETS PAR LA MÉTHODE DE LONGUERINES (Fig. 511.)

1034. Personnel. — Ce procédé exige l'emploi de deux pièces de bois de 0^m,15 à 0^m,20 de diamètre ou d'équarrissage et de

8 à 9 mètres de longueur, appelées *longuerines* (voir fig. 458).

Le personnel nécessaire pour la cons-

truction de ce pont* est de un officier, deux sous-officiers et trente hommes, répartis en quatre brigades de la manière suivante :

1^{re} brigade : dix hommes chargés de la manœuvre des longuerines ;

2^e brigade : six hommes chargés de la pose du tablier ;

3^e brigade : quatre hommes chargés du guindage ;

4^e brigade : dix hommes servants, chargés d'apporter les chevalets et tout le matériel nécessaire aux autres brigades. Les chiffres ci-dessus sont des minimums, et le plus souvent, en campagne, il sera nécessaire d'avoir de vingt à trente servants,

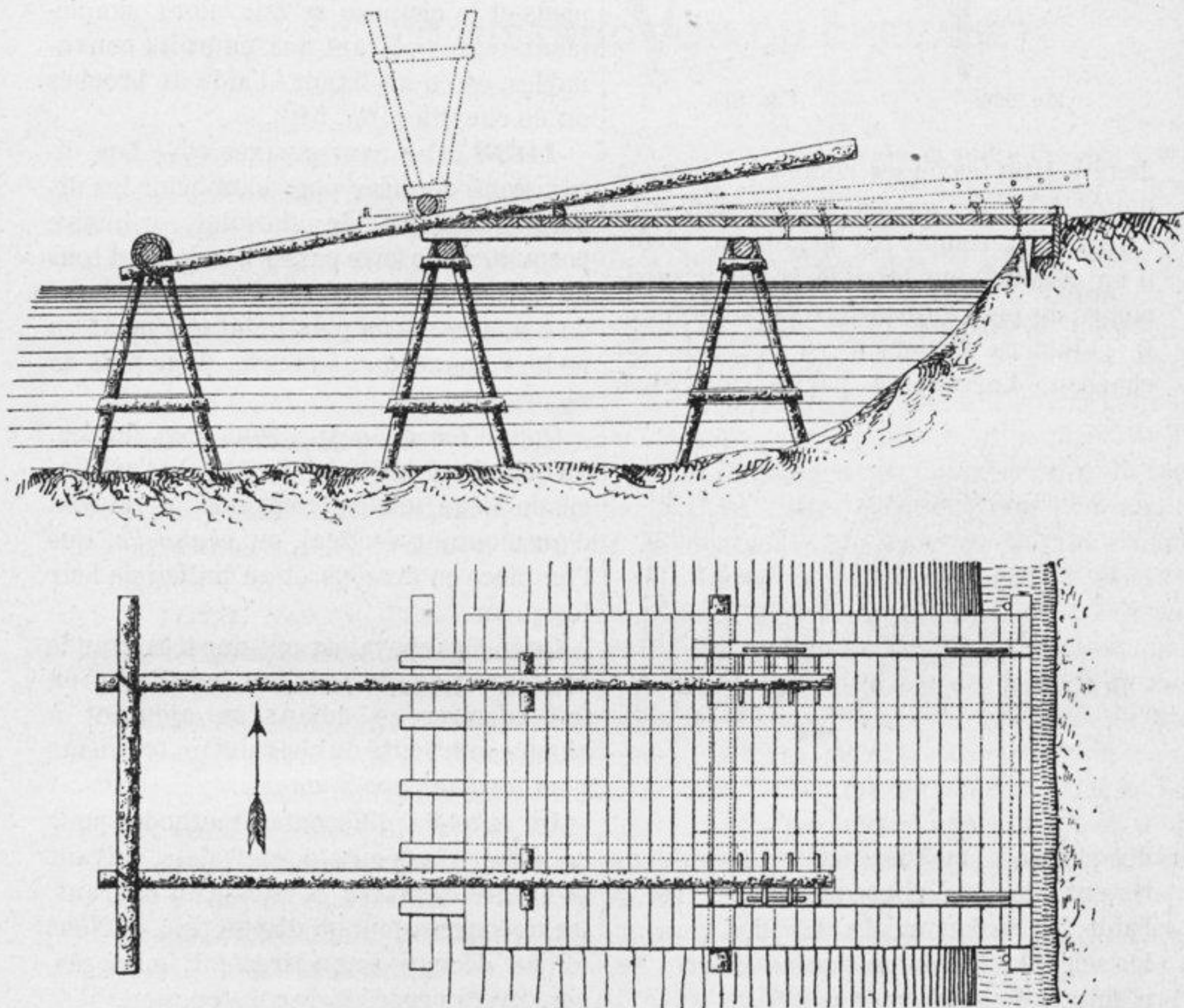


Fig. 511.

à cause de la difficulté de transporter les chevalets.

1035. Construction. — La construction s'opère de la manière suivante :

On dépose les deux longuerines parallèlement à l'axe du pont, à 1 mètre ou à 1^m,20 à droite et à gauche de l'axe ; on amène en tête du pont le chevalet qu'il

s'agit de mettre en place, en le tenant les pieds en l'air et en le faisant glisser sur le sol, ou rouler sur des billots, ou encore en le conduisant sur un haquet à deux roues, ou enfin en le mettant à l'eau, en aval de la culée et en le conduisant au moyen d'amarres et de gaffes, jusqu'en tête du travail. On place le chapeau en

travers sur les deux longuerines et on le brêle à 0^m,60 environ en arrière des chevilles d'arrêt. On fait basculer le chevalet en avant pour mettre les pieds à l'eau, puis on le porte à sa place en faisant rouler les longuerines sur les rouleaux placés au-dessous ; on le pose alors d'aplomb, en cessant de presser à la fois sur les deux longuerines ; on met les poutrelles en place en les faisant glisser sur les longuerines ; on assujettit le chevalet en frappant sur le chapeau à l'aide d'un mouton à bras, puis on fixe les poutrelles avec des clameaux ; on place ensuite les madriers transversalement sur les poutrelles pour

former le tablier, et l'on procède au guindage comme il a été dit pour les ponts de bateaux.

Avant la fin de la construction, on fait passer quelques hommes, dans une nacelle ou un bateau, sur la rive d'arrivée, pour y établir la deuxième culée, de manière que celle-ci soit prête au moment où l'on voudra établir la dernière travée.

1036. Appréciation. — Cette méthode est très expéditive, mais elle ne peut s'appliquer que lorsque le courant est peu rapide et lorsque les rives sont basses, sinon la manœuvre des longuerines serait impossible pour les deux premiers chevalets.

§ IV. — CONSTRUCTION D'UN PONT DE CHEVALETS PAR LA MÉTHODE DES CORDES ET GAFFES (*Fig. 512.*)

1037. Matériel. — *Le matériel spécial* dont on fait usage pour ce procédé de construction consiste en cordages de 10 mètres de longueur et en quatre gaffes à pointe et à croc (voir *fig. 454 et 455*).

1038. Personnel. — *Le personnel* est composé de un officier, deux sous-officiers et vingt-six hommes répartis en quatre brigade, de la manière suivante :

1^{re} brigade : six hommes pour placer les chevalets ;

2^e brigade : six hommes pour construire le tablier ;

3^e brigade : quatre hommes pour le guindage ;

4^e brigade : dix hommes servants, pour apporter tout le matériel nécessaire aux autres brigades, y compris les chevalets. Ce chiffre de dix servants est un strict minimum, qui est doublé et même triplé lorsque les circonstances l'exigent.

1039. Construction. — La construction a lieu de la manière suivante : on amène le chevalet, et on le couche sur une rampe

préparée en aval de la culée, le chapeau du côté du large ; on attache les cordes de 10 mètres aux extrémités du chapeau, puis on pousse le chevalet à l'eau, et on l'amène à l'aide de cordes et de gaffes jusqu'à l'emplacement où il doit être dressé, en ayant soin que le chapeau reste parallèle à la rive, et que les pieds soient tournés du côté de la culée de départ. On dresse ensuite le chevalet, en appuyant sur les extrémités des pieds avec des gaffes et en tirant sur les cordes attachées au chapeau. On mesure, au moyen de coches tracées sur les hampes des gaffes, à 4 mètres du fer, si le chevalet ainsi placé est à la distance voulue et s'il est disposé correctement ; si ces conditions ne sont pas remplies, on le renverse en avant à l'aide des gaffes et on le redresse comme il vient d'être expliqué, en cherchant à le disposer convenablement. On place alors les poutrelles, en faisant glisser les deux premières sur les gaffes que l'on a eu soin de disposer horizontalement depuis la culée jusqu'au nouveau che-

valet ; on assujettit ce dernier sur le fond en frappant sur le chapeau au moyen du mouton à bras, on place ensuite les autres poutrelles et l'on achève la construction

de la travée comme il a été dit au paragraphe précédent.

Cette opération se renouvelle de la même manière, jusqu'à la dernière travée

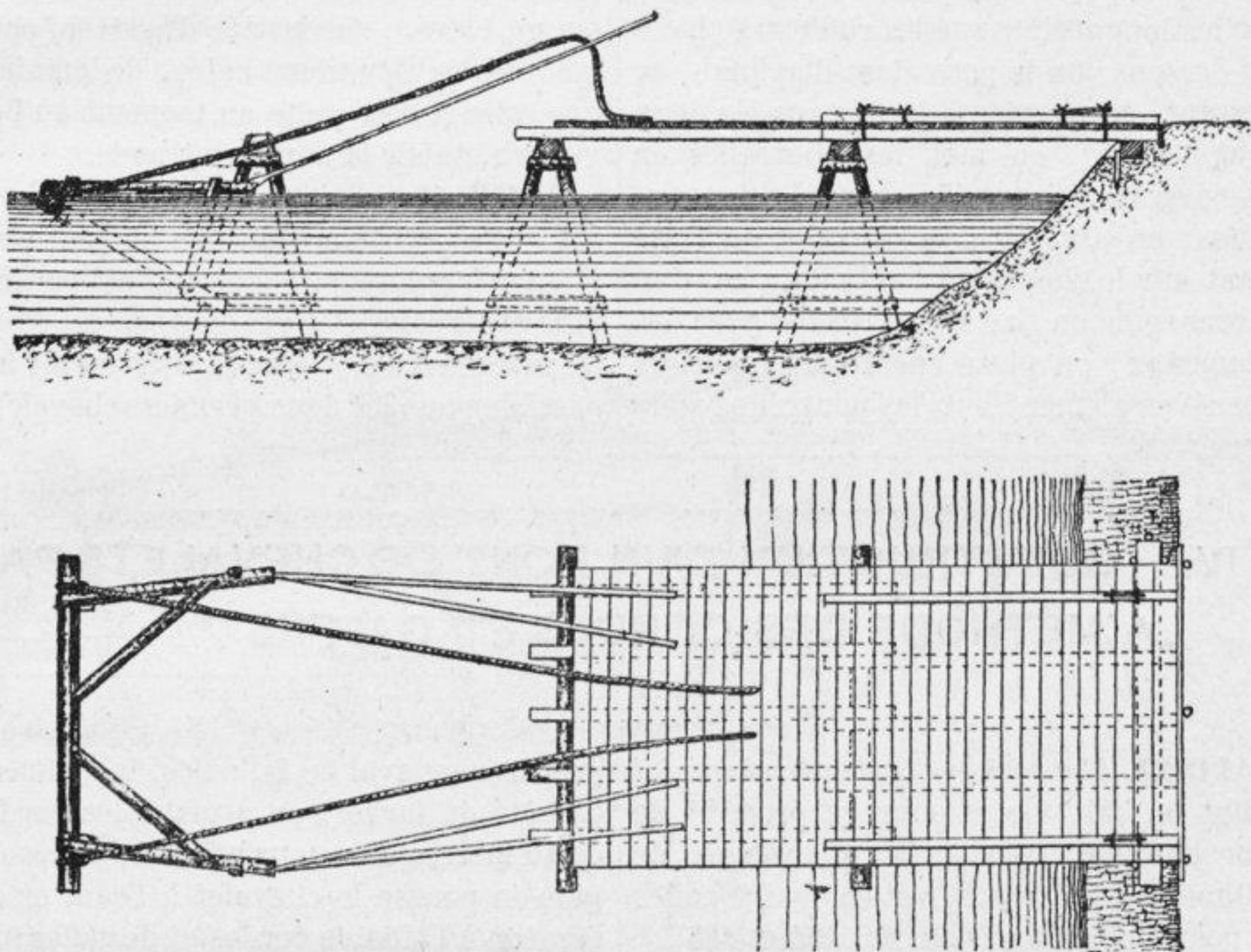


Fig. 512. *

qui est construite comme il a été dit précédemment.

1040. Appréciation. — Cette méthode est simple et expéditive ; elle est applicable même dans le cas où les rives sont escarpées, mais on comprend facilement

qu'elle serait impraticable si le courant était fort ou si les chevalets avaient de grandes dimensions. Elle est préférable à toute autre méthode lorsque la rivière est peu profonde et lorsque le courant est faible.

§ V. — CONSTRUCTION D'UN PONT DE CHEVALETS PAR LA MÉTHODE DE RADEAU DE MANŒUVRE (Fig. 513.)

1041. Radeau de manœuvre. — Les procédés qui viennent d'être décrits ne sont pas praticables sur les rivières dont le courant est rapide. On peut, dans ce cas, se servir, pour la mise en place des

supports, d'un petit *radeau de manœuvre*, d'une portière formée de deux bateaux accouplés, ou même d'un bateau unique de fortes dimensions.

Le radeau de manœuvre doit être ca-

pable de porter un poids évalué à 900 kilogrammes ; on le compose autant que possible de poutres en sapin de fort équarrissage, que l'on juxtapose de manière à obtenir une plate-forme de 6 mètres de longueur, sur 1^m,50 de largeur. Ce radeau porte vers ses extrémités deux fourches formées chacune de deux montants ver-

icaux percés de trous pouvant recevoir, à différentes hauteurs, une broche en fer de 0^m,40 environ de longueur.

Avec ce radeau, on fait usage de deux poutrelles de manœuvre de 6 mètres de longueur et 0^m,15 d'équarrissage, munies de poignées en corde à leurs extrémités ; et portant au bout une cheville verticale, tandis que l'autre bout est percé d'un trou horizontal.

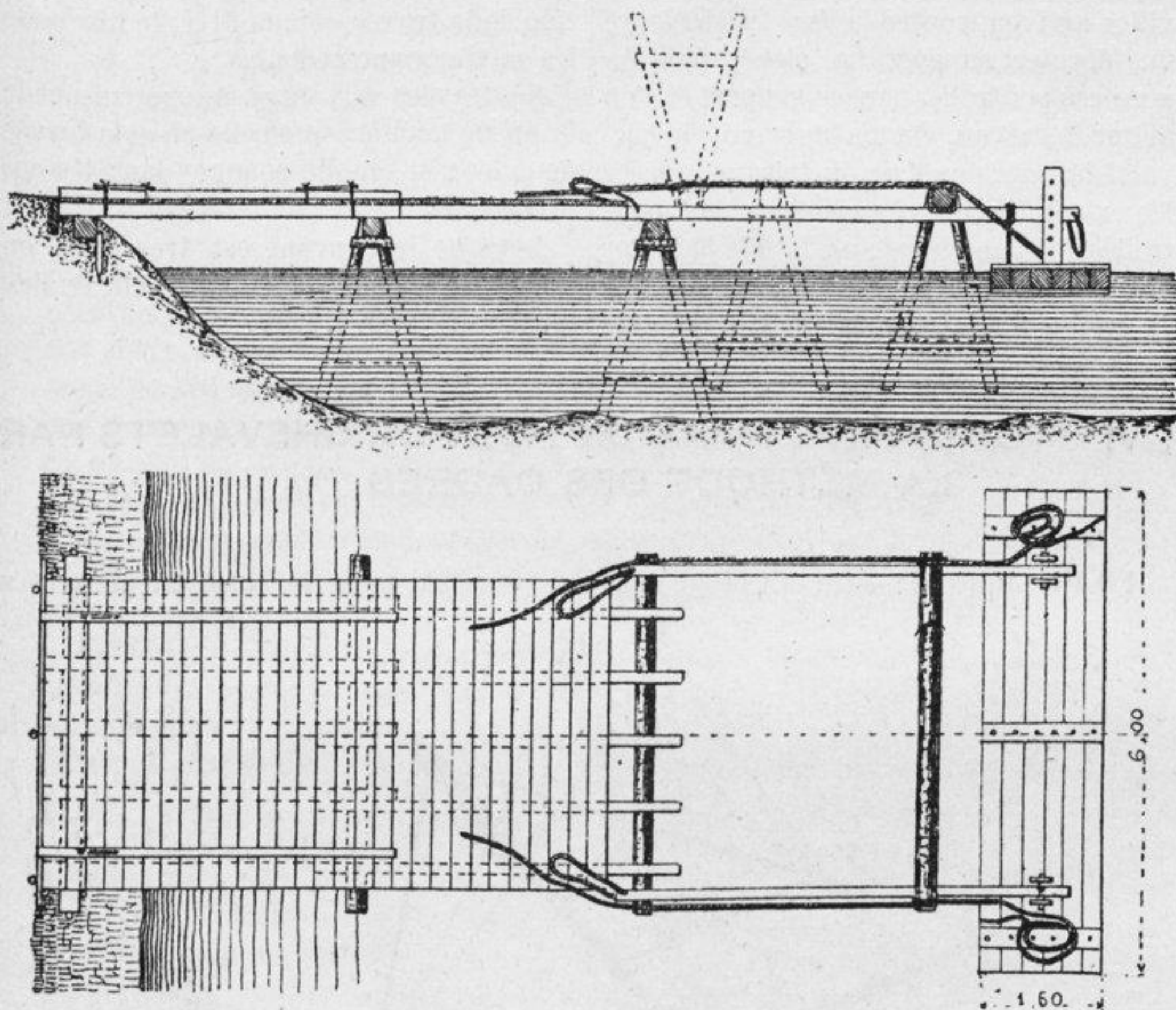


Fig. 513.

1042. Personnel. — Le personnel nécessaire est composé d'un officier, deux sous-officiers et vingt-six hommes répartis en quatre brigades de la manière suivante :

1^e brigade : six hommes sur le radeau pour le placement des chevalets ;

2^e brigade : six hommes pour aider au placement des chevalets et construire le tablier ;

3^e brigade : quatre hommes pour le guindage ;

4^e brigade : dix hommes servants, pour apporter le matériel. Ce chiffre des servants est un minimum, comme dans les autres méthodes.

1043. Construction. — La construction du pont a lieu de la manière indiquée ci-après :

On amène le radeau contre la culée ou contre le dernier chevalet placé, on engage dans les fourches les deux poutrelles de manœuvre et on les fixe, au moyen de la broche, à une hauteur telle que leur face inférieure soit à peu près au niveau de la face supérieure du corps mort ou du chapeau du dernier chevalet. On pousse alors le radeau au large, à l'aide de ces poutrelles, jusqu'au moment où les chevilles arrivent contre la face postérieure du dernier support en place, puis on pose ces poutrelles sur ce support et l'on aligne le radeau. On amène ensuite le chevalet les pieds en l'air, en faisant reposer les extrémités du chapeau sur les poutrelles de manœuvre; on le fait basculer en avant et on le pousse au large à l'aide de cordes fixées aux extrémités du cha-

peau. Quand le chevalet est à sa place on retire les broches des fourches et on abaisse les poutrelles de manœuvre jusqu'à ce que les pieds du chevalet reposent sur le fond; on les y assujettit en frappant sur le chapeau avec un mouton à bras. On place ensuite les poutrelles en faisant passer les premières sur les poutrelles de manœuvre, que l'on dégage ensuite, et l'on achève la construction de la travée comme il a été dit pour les méthodes précédentes.

Les travées suivantes se construisent de la même manière que celle-ci, et la travée de culée est établie comme dans les cas précédents.

Lorsque le courant est très fort, on amarre le radeau à une cinquenelle tendue en travers de la rivière.

§ VI. — CONSTRUCTION D'UN PONT DE CHEVALETS PAR LA MÉTHODE DES CADRES (Fig. 514.)

1044. Matériel. — On fait usage dans | ce procédé, pour la mise en place des

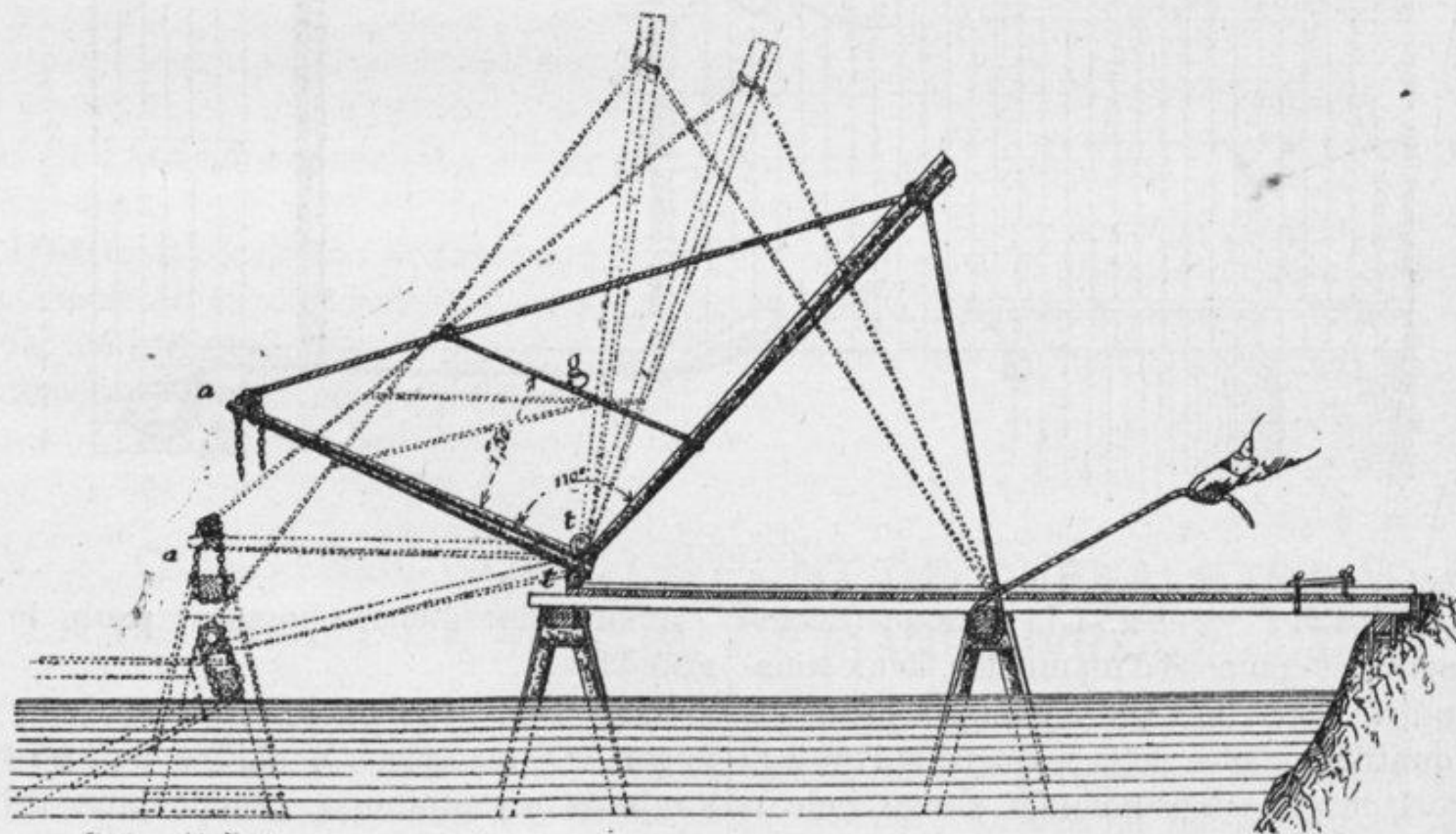


Fig. 514.

chevalets, d'un système de deux cadres, l'un triangulaire et l'autre trapézoïdal, formés de perches de 0^m,08 à 0^m,10 de

diamètre, assemblées par des cordes ou des harts (fig. 515, 516).

Pour la manœuvre, les deux cadres

sont reliés l'un à l'autre par leurs traverses *tt* (fig. 514) et de plus par deux haubans qui relient le sommet du cadre triangulaire aux deux extrémités *a a* de la

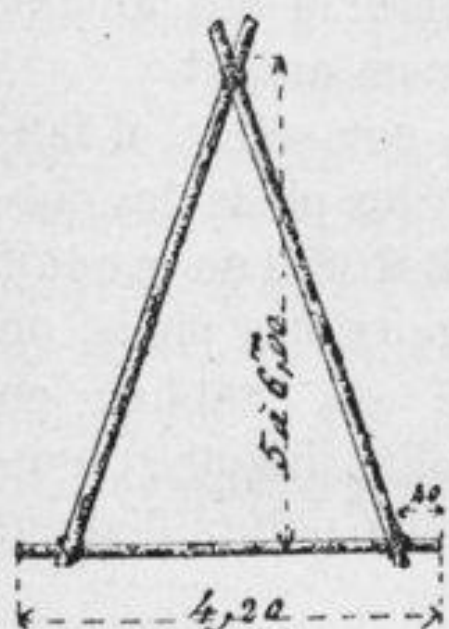


Fig. 515.

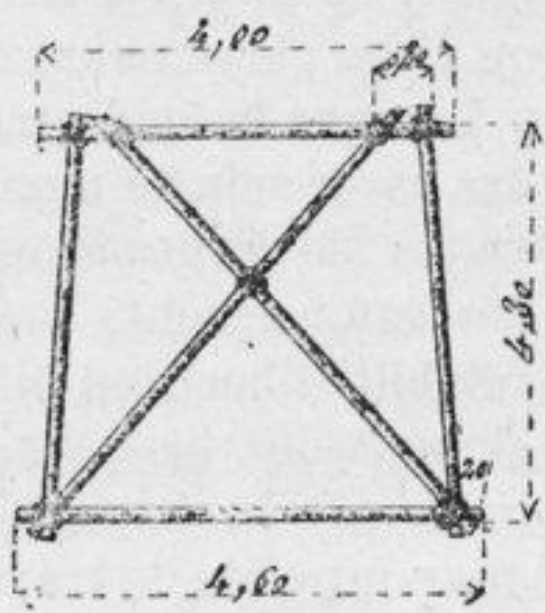


Fig. 516.

petite traverse du cadre trapézoïdal du côté du large, de manière que les plans des deux cadres fassent entre eux un angle de 110 degrés. On attache au sommet du premier cadre des cordes de retraite *r*; on met en place les garde-fous *g*, et l'on passe aux deux extrémités de la petite traverse deux petites chaînes retenues par des crampons, et terminés par un crochet à l'un des bouts.

1045. Personnel. — Le personnel nécessaire est composé d'un officier, deux sous-officiers et trente-six hommes, répartis en cinq brigades de la manière suivante :

1^{re} brigade : six hommes pour manœuvrer les cadres ;

2^e brigade : douze hommes pour manœuvrer les cordes de retraite ;

3^e brigade : quatre hommes pour amener les chevalets ;

4^e brigade : quatre hommes pour guinder ;

5^e brigade : dix hommes pour apporter le matériel. Ce chiffre de dix servants est un strict minimum, comme pour les autres procédés.

1046. Construction du pont. — La construction du pont a lieu de la manière indiquée ci-après :

On dispose d'abord le système des deux

cadres en tête du travail, de manière que le cadre trapézoïdal soit à peu près horizontal, la petite base en avant et la grande base contre la culée ou au-dessus du dernier support mis en place ; on le maintient dans cette fonction au moyen de cordes de retraite attachées à des points fixes. On met ensuite le chevalet à l'eau, au moyen d'une rampe préparée à cet effet, en plaçant le chapeau du côté du large ; on attache des amarres aux deux extrémités de ce chapeau, et on conduit le chevalet en tête du travail, en le faisant flotter à l'aide des amarres et des gaffes. On retourne alors le chevalet, en lui faisant faire une conversion de manière que les pieds soient tournés du côté du large ; on laisse basculer le système de cadres jusqu'à ce que la traverse d'avant repose sur le chapeau ; on attache celui-ci à la traverse au moyen des chaînes qui se trouvent aux deux extrémités ; on soulève le chevalet, en faisant effort sur les cordes de retraite pour soulever le système des cadres, et par suite le chevalet, jusqu'à ce que ses pieds reposent sur le fond. On détache alors les chaînes, on soulève un peu la traverse extérieure du cadre, puis on assujettit à coups de mouton les pieds du nouveau chevalet sur le fond. On met les poutrelles en place, en les faisant glisser sur les écharpes du cadre ; on les clameau, on place les madriers et l'on achève la travée comme dans les méthodes précédentes.

Pour construire les travées suivantes, on pousse le cadre en avant jusqu'à l'extrémité de la dernière travée construite et l'on recommence l'opération qui vient d'être décrite ci-dessus jusqu'à ce que l'on arrive à la travée de la deuxième culée ; cette travée est construite comme il a été dit pour les autres procédés de ponts de chevalets.

1047. Appréciation. — Cette méthode est très expéditive ; elle n'exige qu'un matériel spécial facile à improviser ; elle ne disloque pas les chevalets et permet de

les placer exactement à la même distance les uns des autres; enfin, elle est praticable même dans un courant un peu rapide.

1048. Observations. — En campagne, le procédé qui est le plus généralement employé pour la construction des ponts de chevalets, est celui qui consiste à placer les chevalets à bras par des hommes que l'on fait mettre à l'eau. Toutefois, lorsque la température est rigoureuse ou que la profondeur de l'eau est trop grande, on se sert de l'une des méthodes que nous avons décrites, et l'on fait choix, naturellement, de celle qui se prête le mieux aux circonstances.

Il peut arriver, par suite de la profondeur de l'eau ou de la rapidité du courant, que les chevalets mis en place n'aient pas assez de stabilité; dans ce cas, il faut les lester au moyen de corps lourds fixés aux pieds, ou bien les amarrer à des ancrs ou à des pieux enfoncés en amont.

Lorsque le fond sera peu solide, il faudra avoir soin de munir les pieds des chevalets de larges semelles. S'il se produit des enfoncements inégaux des pieds, on rétablit l'horizontalité du tablier en clouant des tasseaux d'épaisseur convenable sur le chapeau, aux points d'appui des poutrelles de travée.

§ VII. — REPLIEMENT DES PONTS DE CHEVALETS

1049. Méthode. — Tous les ponts de chevalets, quelle que soit la méthode employée pour les construire, se replient de la même manière, qui est la suivante :

On place une nacelle sous les poutrelles de la culée, du côté de la rive qu'on abandonne. On débrêle et on enlève le guindage; on découvre entièrement les poutrelles de la première travée et on emporte les madriers. On arrache les clameaux; on emporte les poutrelles, on démollit la première culée, l'on charge dans la nacelle tous les objets qui ont servi à l'établissement de cette culée, et l'on passe sur la deuxième rive. On découvre ensuite la deuxième travée; on arrache les clameaux, on amarre une corde à chaque bout du chapeau, on emporte les madriers et les poutrelles, on renverse le chevalet; on le conduit à l'aide de gaffes et des

cordes en aval du pont, en face d'une rampe formée de deux poutrelles, puis on le tire hors de l'eau au moyen des cordes et on le range au dépôt du matériel.

Le repliement de chaque travée est opéré comme il vient d'être dit, jusqu'à la dernière.

1050. Personnel. — Le personnel nécessaire pour replier un pont de chevalets est composé d'un officier, deux sous-officiers et vingt-six hommes répartis en quatre brigades, comme il suit :

1^{re} brigade: six hommes, chargés de défaire le guindage;

2^e brigade: quatre hommes, chargés de replier les madriers et les poutrelles;

3^e brigade: six hommes, chargés de replier les chevalets;

4^e brigade, dix hommes servants, chargés d'emporter le matériel sur la berge.

CHAPITRE VII

PONTS DE CHEVALETS A DEUX PIEDS

— CHEVALETS A DEUX PIEDS DE L'ÉQUIPAGE DE PONT FRANÇAIS

1051. Composition. — Le chevalet à deux pieds qui fait partie du matériel des

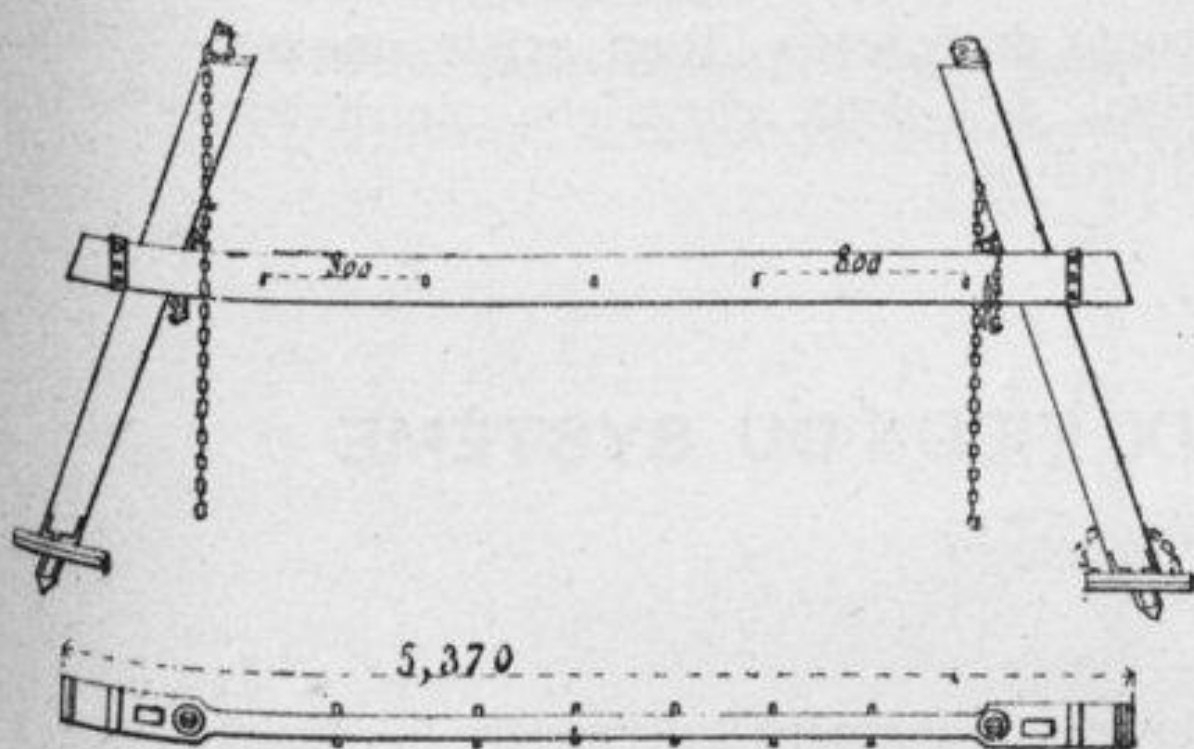


Fig. 517.

équipages de ponts français se compose des parties suivantes : (fig. 517) :

1° *Un chapeau* percé près de ses extrémités de deux mortaises inclinées en sens inverse de 20° sur la verticale; il porte cinq crochets de pontage; longueur 5^m,37; équarrissage 23 × 22;

2° *Deux pieds* qui coulisent dans les mortaises du chapeau et sont terminés à leur extrémité inférieure par une pointe garnie de ferrures, à leur extrémité inférieure par une partie cylindrique, à la-

quelle vient s'accrocher des chaînes de suspension servant à relier les pieds avec le chapeau et à soutenir ce dernier. Il y a trois sortes de pieds; ils ont 2 mètres, 3 mètres et 3^m,90 de longuers;

Deux semelles (fig. 518), qui s'engagent à l'extrémité inférieure des pieds, de manière à leur donner plus d'assiette. Ils y sont fixées par des broches en fer réunies aux pieds par des chaînettes.



Fig. 518.

1052. Pontage. — Le chevalet n'ayant point de stabilité par lui-même n'est généralement employé que près des rives, dans les circonstances où on ne peut employer les bateaux, c'est-à-dire quand

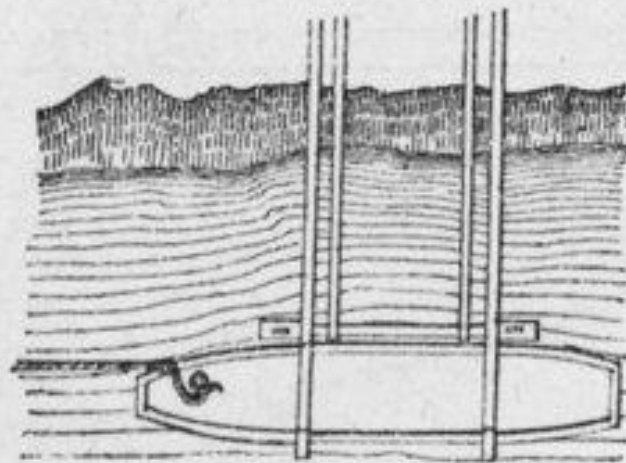


Fig. 519.

la profondeur de l'eau est moindre que 0^m,50 à 0^m,60. On évite surtout de l'em-

ployer entre deux bateaux, car ce support fixe viendrait à rompre la continuité du tablier lors du passage des voitures et il se produirait des à-coups dangereux pour la solidité du pont. Pour la mise en place d'un chevalet à deux pieds, on se sert d'un bateau ou d'une nacelle (*fig. 519*).

1053. Mise en place avec un bateau. — Pour mettre en place le chevalet avec un bateau, on charge dans celui-ci toutes les parties du chevalet, à l'exception du chapeau. On amène le bateau le long de la rive à hauteur de l'emplacement du chevalet, et on l'y maintient par un cordage d'ancre ou une ligne. On place sur le chapeau les entailles des deux poutrelles à griffes et deux poutrelles ordinaires, qu'on brêle à ses crochets extrêmes. On place l'extrémité de ces poutrelles sur les plats-bords du bateau et on les y brêle, puis on pousse le bateau au large en faisant effort à l'extrémité postérieure des poutrelles, jusqu'à ce que les griffes d'arrière embrassent le corps mort ou le dernier support placé. On place alors les pieds

du chevalet dans les coulisses du chapeau; on fixe les semelles et on enfonce les pieds au fond de l'eau. On fixe les chaînes de suspension, on débrêle et on enlève les poutrelles ordinaires. On place alors les madriers et on fait le guindage.

1054. Mise en place avec une nacelle. — Pour mettre en place le chevalet avec une nacelle, le procédé est le même, avec cette différence que l'on brêle le chapeau sur les poutrelles au lieu de le brêler au-dessus, pour qu'il soit à hauteur convenable.

Pour replier le chevalet, on amarre une ligne au chapeau, on entraîne les poutrelles sur le pont, et on renverse à l'eau le chevalet qu'on conduit à la rive.

Ainsi qu'on a pu s'en rendre compte, ces chevalets à deux pieds ne sont employés dans nos équipages de ponts, que pour compléter, dans certains cas, les ponts de bateaux. Il en existe une section, soit deux chevalets, par division d'équipage.

§ II. — CHEVALETS A DEUX PIEDS DU SYSTÈME BIRAGO (*Fig. 520.*)

1055. Composition. — Le chevalet Birago est analogue à celui de l'équipage

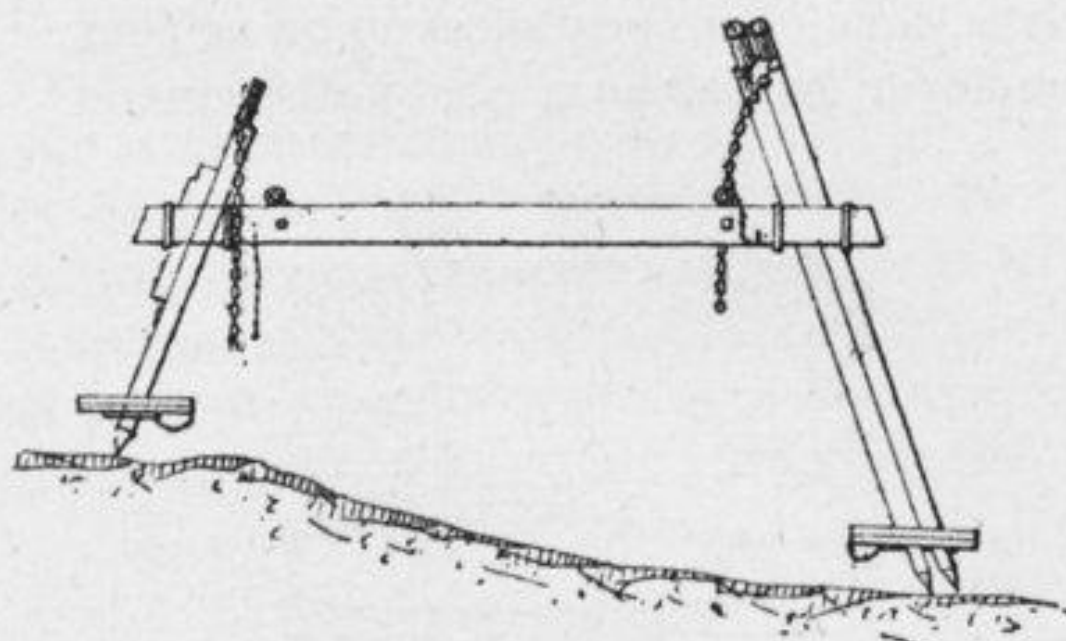


Fig. 520.

de ponts français, avec cette différence que les mortaises du chapeau sont plus

larges, de manière à permettre le passage de deux pieds pour le cas où la profondeur de l'eau est de 4 mètres. On emploie des pieds de différentes longueur suivant la profondeur de l'eau; les pieds de grande longueur sont toujours accouplés par deux; les autres sont serrés au moyen de faux pieds qui remplissent le vide de la coulisse du chapeau. Les pieds sont jumelés à leur partie inférieure au moyen de la semelle.

Le chevalet Birago, de même que le chevalet français à deux pieds, n'ayant aucune stabilité par lui-même, est maintenu au moyen de poutrelles à griffes. Tout le reste du matériel de pont est le

même que celui qui a été décrit au paragraphe I du présent chapitre.

1056. Pontage. — Le pontage du chevalet à deux pieds du système Birago se fait dans les mêmes méthodes que nous avons indiquées au numéro 1052 pour le chevalet à deux pieds de l'équipage de pont français; il en est de même du repliement.

1057. Appréciation. — Les avantages du chevalet Birago sont sa légèreté et le peu de prise qu'il offre au courant; ses inconvénients sont le manque de stabilité propre; l'impossibilité de commencer la construction du pont par les deux rives opposées à la fois, à cause de la longueur fixe des poutrelles à griffes; le très grand approvisionnement de pieds de différentes

longueurs, que l'on est obligé de transporter; enfin les pieds des chevalets avançant au-dessus du tablier peuvent être accrochés par les voitures.

Ces différentes considérations ont empêché les différentes puissances de l'Europe d'adopter ce chevalet comme unique matériel de pont; mais la plupart l'ont adopté comme complément des supports flottants, pour le cas où la profondeur d'eau serait insuffisante pour permettre d'employer les bateaux.

Les Autrichiens seuls emploient ce chevalet, qu'ils ont inventé concurremment avec les pontons; chacun de leurs équipages de pont est formé de huit chevalets Birago et de six pontons.

§ III. — CHEVALETS A DEUX PIEDS IMPROVISÉS (Fig. 521.)

1058. Construction. — Dans certaines circonstances, à la guerre, on peut avoir intérêt à recourir à l'emploi de chevalets à deux pieds et à chapeau mobile. Dans

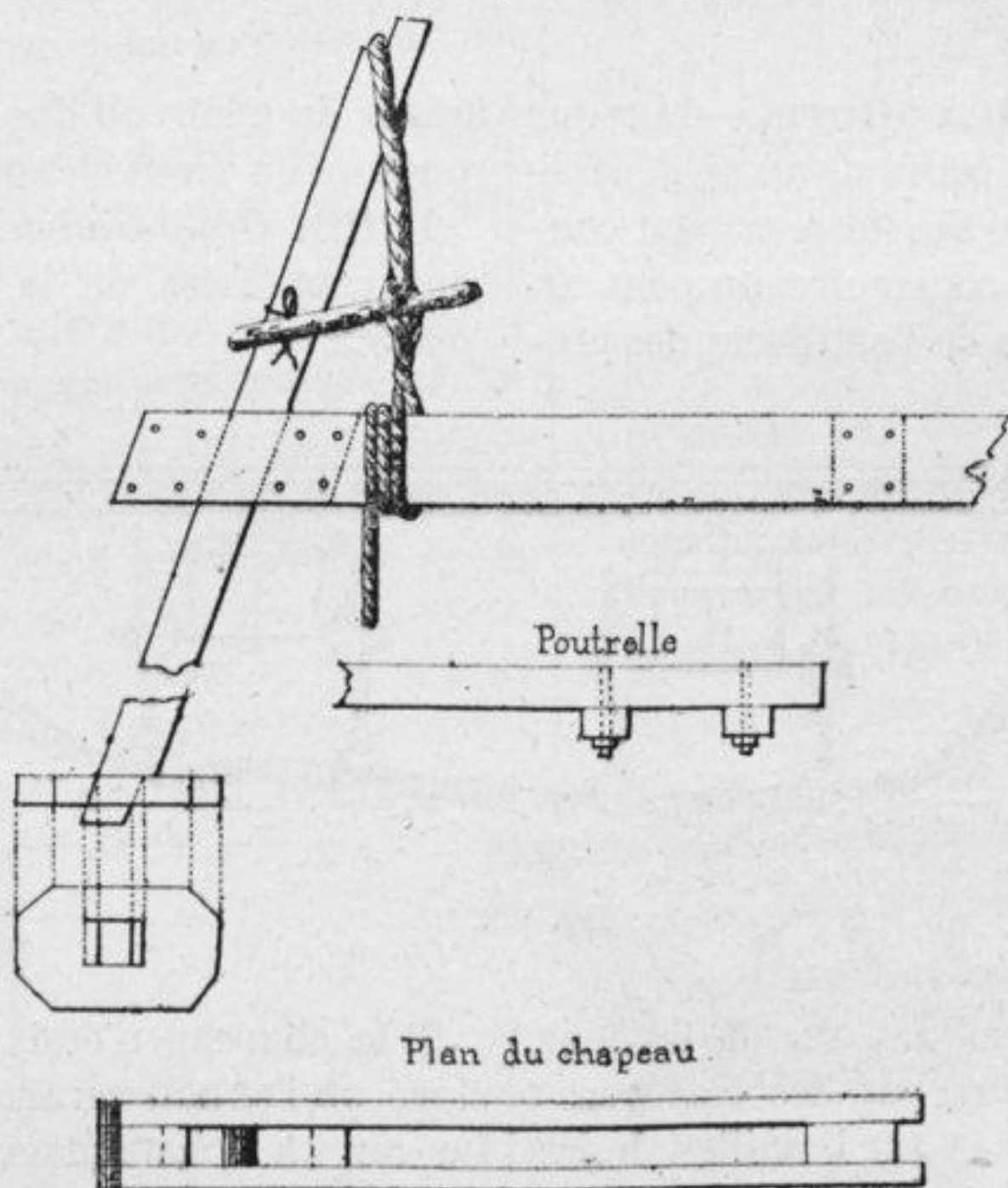


Fig. 521.

ce cas, on pourra improviser le matériel de la manière suivante :

Les chapeaux seront formés de deux pièces moisées, entre lesquelles on ména-

gera, au moyen de tasseaux, des coulisses pour le passage des pieds.

Les pieds (un seul par coulisse) seront formés par deux poutrelles qu'on fixera dans les coulisses du chapeau au moyen de chevilles, de clameaux et de brélages, et on assujettira sur leur partie inférieure des bouts de poutrelles formant semelles.

Les griffes des poutrelles seront constituées par des tasseaux cloués ou bou-

lonnés ; au besoin elles seront formées par de fortes chevilles. Les chaînes de suspension seront remplacées par des cordes.

Tout ce matériel peut être construit très rapidement avec des matériaux qu'on trouve dans tous les chantiers de bois, et au besoin avec des poutres et des planches provenant de la démolition des maisons d'habitation.

CHAPITRE VIII

PONTS DE VOITURES ET PONTS DE GABIONS

1059. Ponts de voiture. — Lorsque la profondeur d'un cours d'eau ne dépasse pas 1^m,50 et lorsque sa vitesse est peu considérable, on peut construire un pont au moyen des voitures de l'artillerie, des pro-

longes du génie ou des voitures à quatre roues qu'on trouve dans le pays.

1060. Organisation. — Ces voitures sont organisées de la manière suivante (fig. 522) :

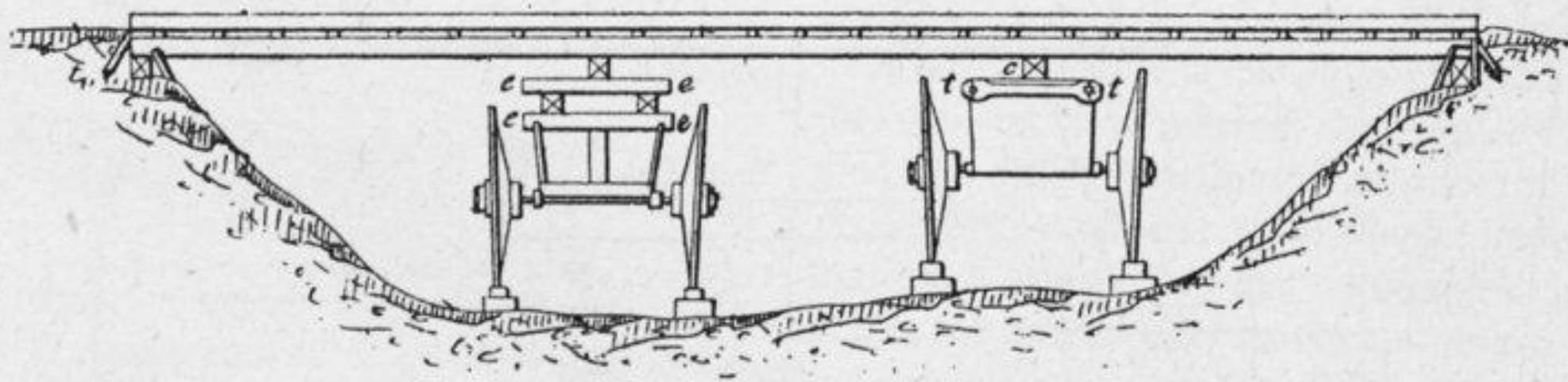


Fig. 522.

Si les côtés sont solides, on relie les deux ridelles de la voiture par des traverses *t* entaillées à mi-bois, et sur le milieu de ces traverses, on fixe un chapeau *c* dans le sens de la longueur de la voiture. C'est sur ce chapeau que reposeront les poutrelles du tablier.

Si le chapeau n'était pas suffisamment élevé, on l'exhausserait, en le faisant porter sur un échafaudage de traverses *e*.

Si les côtés de la voiture ne paraissent pas assez solides, il faut avoir la précaution de reporter la charge sur les essieux. A cet effet, on établit sur ceux-ci un che-

valet disposé suivant l'axe de la voiture et composé d'une semelle, de deux montants, de deux contrefiches et un cha-

peau. C'est sur ce dernier que reposera le tablier du pont. Le chevalet est maintenu dans le sens transversal par des traverses

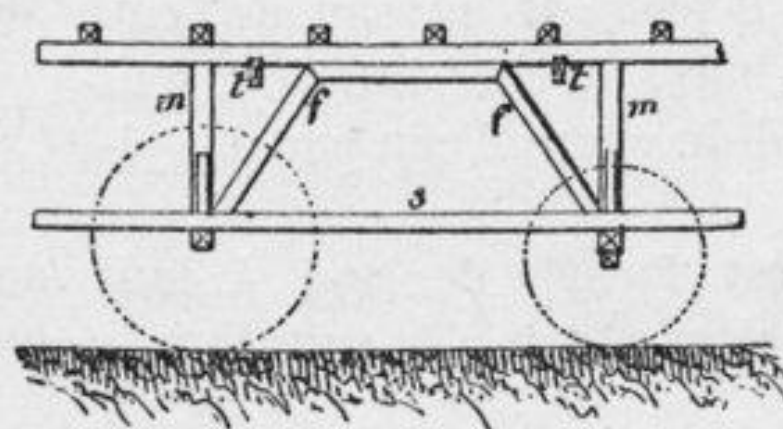
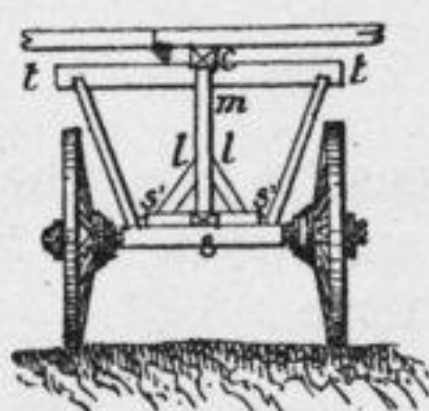


Fig. 523.

entaillées de manière à embrasser le chapeau et les deux ridelles de la voiture, et par des liens reliant les montants à de petites semelles posées sur les essieux (fig. 523).

1061. Mise en place. — Les voitures ainsi disposées ont placées à bras parallèlement au fil de l'eau, à des distances qui dépendent des dimensions des poutrelles du tablier, et leurs roues sont calées. Quand le fond de la rivière est mou et peu résistant, on place les roues sur des semelles et on les cale.

1062. Ponts de gabions. — Lorsque le cours d'eau à traverser est peu profond et n'a pas un courant très rapide, on peut, à défaut d'autre moyen, le franchir en employant des gabions comme supports.

1063. Support. — On peut former chaque corps de support de trois gabions de 1^m,50 à 2 mètres de diamètre et de hauteur convenable qu'on dispose debout, en file parallèle au courant, et qu'on remplit de gravier ou de terre, après avoir

enfoncé au milieu de chacun d'eux un fort piquet pour le maintenir (fig. 524).

Sur la file des gabions, on place un fort chapeau assujéti par des harts, ou mieux encore, deux chapeaux reposant sur le

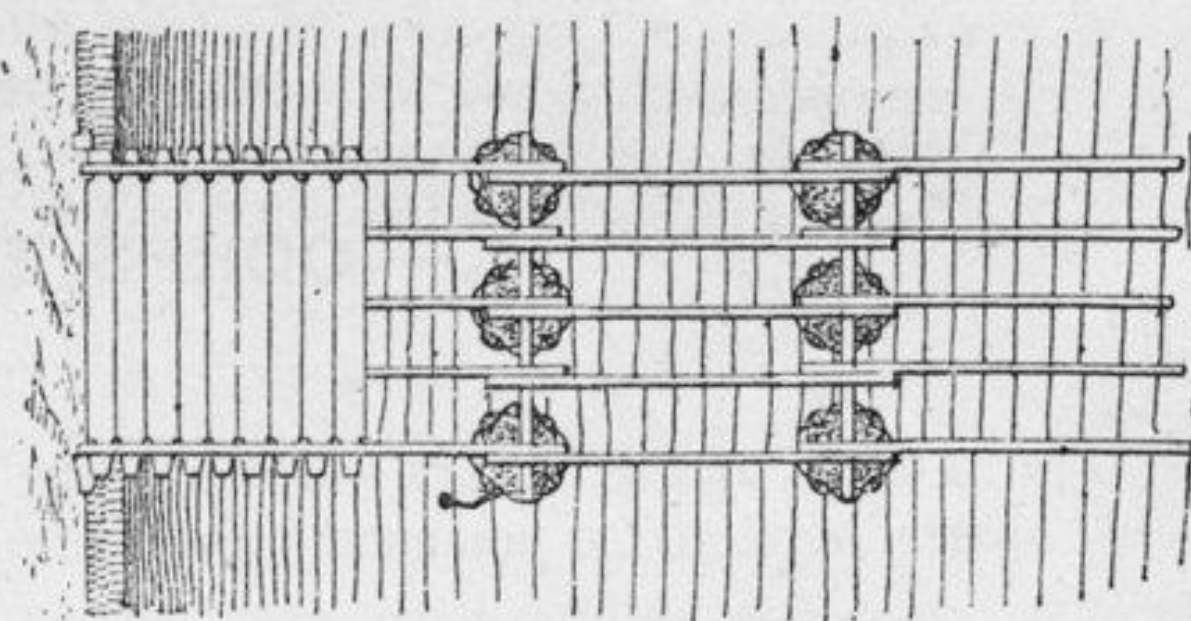


Fig. 524.

clayonnage par l'intermédiaire de deux pièces de bois assemblées en croix (fig. 525).

Les poutrelles n'ont pas besoin d'être équarries et les madriers peuvent être remplacés par des fascines jointives qu'on recouvre de terre. Cette observation s'ap-

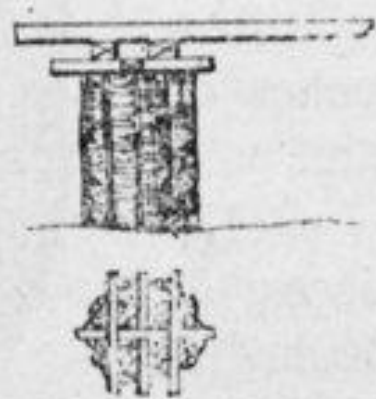


Fig. 525.

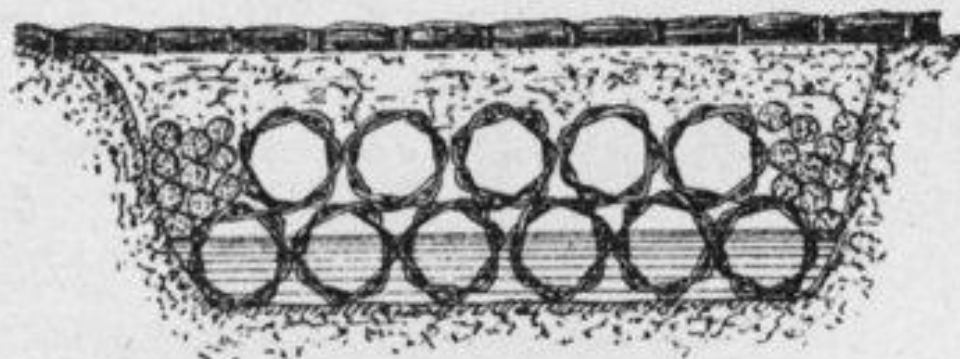


Fig. 526.

plique à tous les ponts de circonstance.

Quand le courant est un peu rapide et

que la profondeur d'eau dépasse 1 mètre, il est préférable de construire le pont en buses de gabions vides, qu'on coule parallèlement au courant et jointives, jusqu'à ce qu'on ait dépassé le niveau de l'eau (fig. 526). Les buses du rang inférieur sont fixées au fond du cours d'eau par des piquets.

Une buse est formée de sept à huit gabions ordinaires placés à la suite l'un de

l'autre et reliés par trois perches fixées au moyen de harts (fig. 527).



Fig. 527.

On dresse ensuite la couche supérieure des gabions au moyen de fascines, de gazon ou de terre.

CHAPITRE IX

PONTS DE PILOTIS

§ I. — CORPS DE SUPPORTS

1064. Palées. — Les corps de supports de pilotis se nomment *palées*. Une

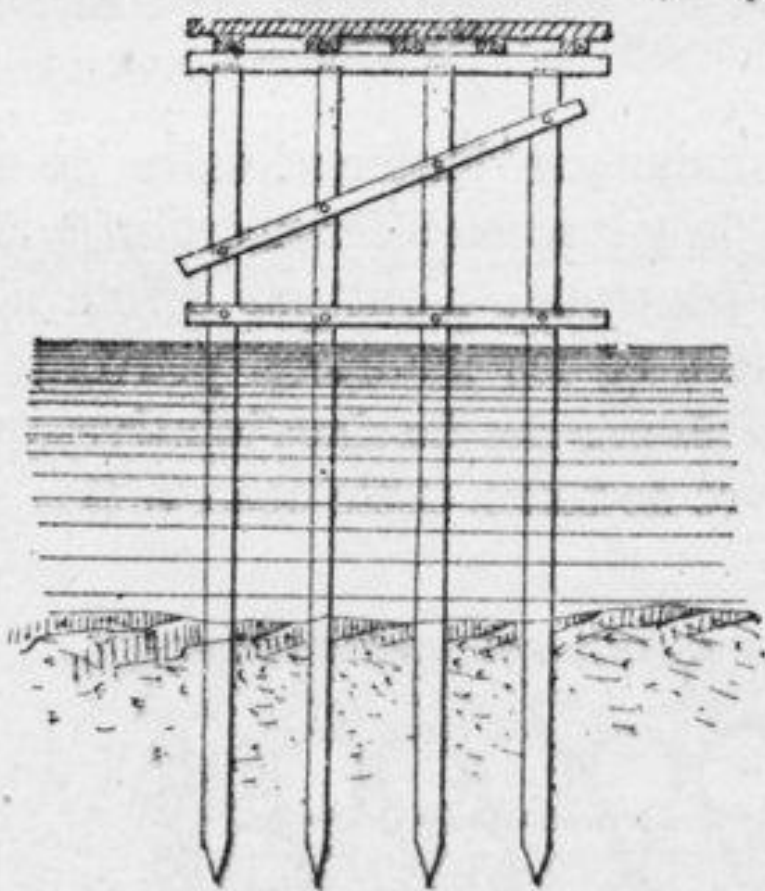


Fig. 528.

palée se compose de trois, quatre ou cinq pilots enfoncés verticalement dans le sol

sur une même file parallèle au courant; ils sont coiffés d'un chapeau horizontal, avec lequel ils sont assemblés à tenons et mortaises, ou qui est simplement maintenu par des clameaux.

Lorsque les palées ont une certaine hauteur, il est indispensable de relier les pilots entre eux par des traverses horizontales et des écharpes inclinées, fixées par des broches ou des boulons (fig. 528).

1065. Pilotis. — Les *pilotis* sont des pièces de bois de 0^m,25 à 0^m,40 de diamètre et de 5 mètres à 7

mètres de longueur, dont on a enlevé l'écorce, et dont l'extrémité



Fig. 529.

est taillée en pointe et durcie au feu, ou munie d'un sabot en fer, si le fond de la rivière est très résistant (*fig. 529*).

La tête du pilot est coupée carrément et chanfreinée ; on la munit quelquefois d'une frette en fer, que l'on enlève lorsque le pilot est en place. Ces dispositions ont pour but d'empêcher les éclats et les fentes.

1066. Double palée. — Quand le pont doit avoir une grande élévation au-dessus de l'eau, on divise la hauteur en deux en construisant une double palée, c'est-à-dire

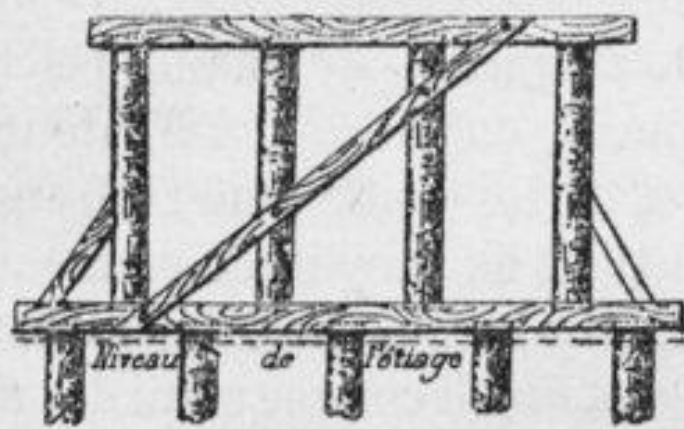


Fig. 530.

une palée basse dont les pilots sont récépés (coupés) au niveau des basses eaux, et

d'une palée haute dont les pilots sont assemblés à tenons et mortaises dans le chapeau de la palée basse et couronnés d'un deuxième chapeau (*fig. 530*.)

On consolide le système par des moises en écharpe allant d'un chapeau à l'autre et par des arcs-boutants.

1067. Charges limites. — Le nombre de pilots par chaque travée dépend des dimensions des bois que l'on emploie, et du poids de la travée.

On a déterminé par l'expérience les charges limites pour les diverses essences de bois et pour des rapports variables entre la hauteur et la plus petite dimension de l'équarrissage. Mais dans la pratique, quand il s'agit d'efforts permanents, on ne fait supporter aux pièces que le dixième des charges limites trouvées par l'expérience.

Le tableau suivant indique les charges qu'on peut faire supporter avec sécurité aux pilots par centimètre carré de section.

Rapport au diamètre.	8	12	24	36	48	60	72
Charge par centimètre	30 ^k	25 ^k	15 ^k	10 ^k	5 ^k	2 ^k ,500	1 ^k ,250

1068. Espacement des palées. — Les palées forment des corps de supports très résistants, leur espacement dépend uniquement des dimensions des longerons et de leur nombre. On augmentera donc le

nombre de ceux-ci, ou leurs dimensions, de manière à augmenter la largeur des travées et par suite à diminuer le nombre des palées à établir.

§ II. — CONSTRUCTION D'UNE PALÉE

1069. Battage des pilots. — Pour construire une palée, on installe une *sonnette à tirandes* (voir *fig. 476*), sur une plateforme supportée par des chevalets, lorsque la rivière est peu profonde ; dans le cas contraire, on l'installe sur une portière de bateau ou sur un radeau recouvert d'un tablier (*fig. 531*).

Le pilot à battre est maintenu vertical

au moyen de cordes qui embrassent les montants de la sonnette. Le battage s'exécute par volées de trente coups de mouton, le pilot est enfoncé jusqu'au refus, jusqu'à ce qu'une volée de trente coups ne le fasse plus enfoncer que de 4 à 5^{mm}. Si le pieu dévie pendant le battage, on le redresse au moyen de leviers ou de cordes ; s'il doit être enfoncé au-dessous de la sole, on le

coiffe, lorsqu'il est suffisamment bas, d'un

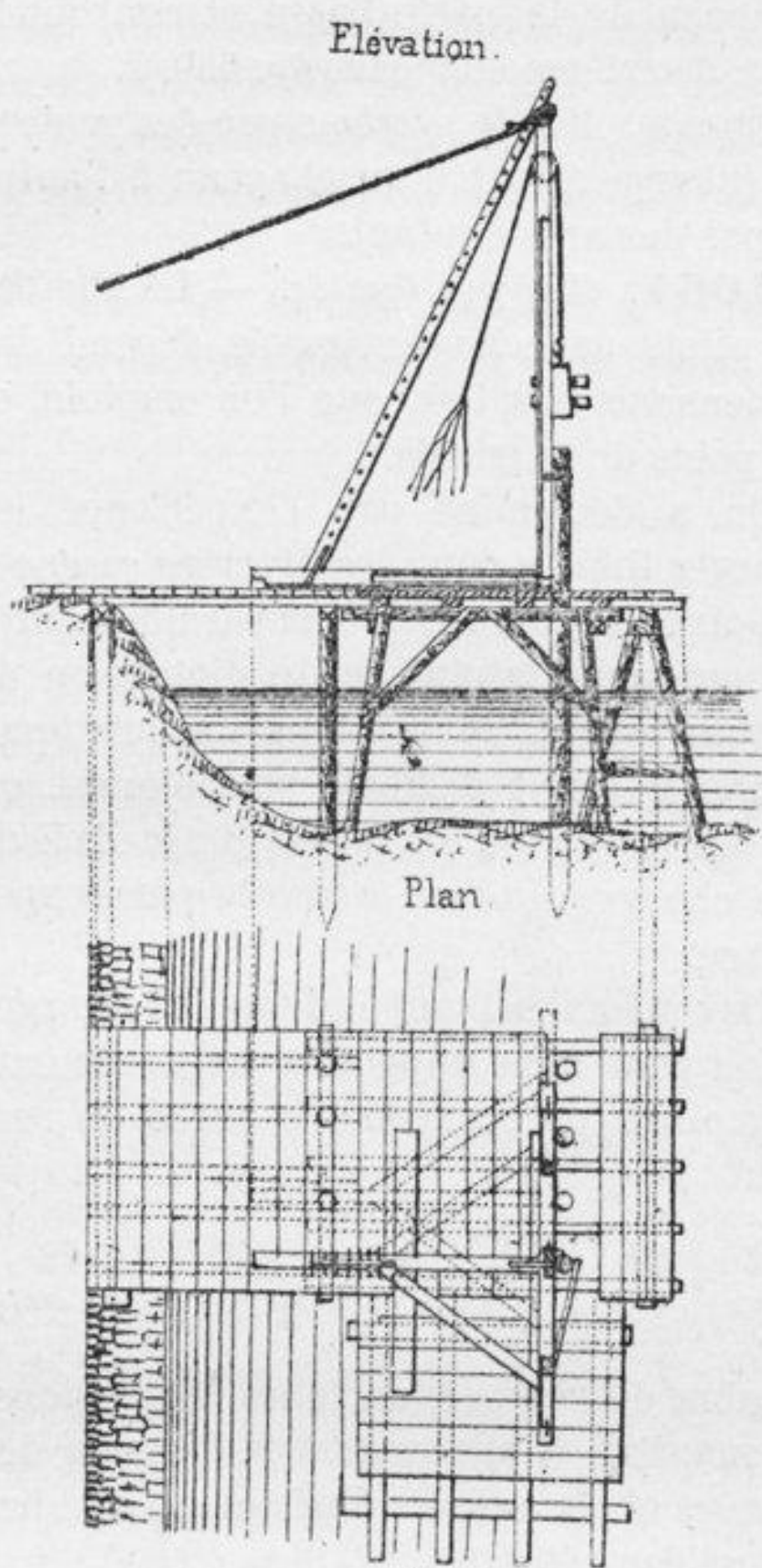


Fig. 531.

faux pilot sur la tête duquel on continue le battage (fig. 532).

La quantité dont les pilots enfoncent dans le sol s'appelle *hauteur de fiche* : elle dépend de la nature du terrain et de la charge que les pilots doivent supporter.

Dans un fond solide et résistant, lorsque le pont ne doit pas supporter des charges très considérables, il n'est pas nécessaire de battre les pilots jusqu'au refus ; on peut se contenter de leur donner 2 à 3 mètres de hauteur de fiche.

Si l'on craint que les eaux n'affouillent les palées, on garnit leur pied de grosses pierres formant une sorte d'enrochement,

ou de fascines garnies de gravier et piquées dans le fond du cours d'eau.

Lorsque les pilots n'ont qu'un faible équarrissage et si le terrain est favorable, on peut les enfoncer au moyen d'un *mouton à bras* (fig. 463). Les hommes chargés de manœuvrer le mouton à bras sont placés sur une plate-forme établie sur des chevalets, sur une portière de bateau ou sur un radeau, comme il a été indiqué plus haut pour la sonnette à tirandes. Pendant le battage, le pilot est maintenu vertical au moyen d'amarres fixées à la plate-forme.

1070. Chapeau. — Quand les pilots sont enfoncés, on les scie à hauteur convenable et on les coiffe d'un chapeau que l'on maintient au moyen de clameaux.

1071. Tablier. — Le tablier des ponts de pilotis est établi comme celui des autres ponts. Lorsqu'on emploie des longerons en grume, on dresse seulement à la hache leur face supérieure et les parties de leur face inférieure qui repose sur les chapeaux.

Si le pont doit durer longtemps, on cloue les madriers sur les longerons, ce qui dispense de guindage. Dans le but de s'opposer aux fléchissements latéraux des longerons, on place de distance en distance un madrier plus épais, sous lequel on pratique des entailles pour le logement des longerons.

1072. Trottoirs et garde-fous. — On munit quelquefois le tablier de trottoirs et de garde-fous. Le *trottoir* se compose de deux cours de poutrelles, sur lesquelles on cloue des bouts de madriers. Le *garde-fou* est formé par des potelets verticaux fixés sur les corps de supports ou sur les madriers du tablier, et portant une lisse de 0^m,80 à 1 mètre de hauteur. Ce système est consolidé par des arcs-boutants (fig. 533).

D'une manière générale, on doit faire usage des garde-fous, pour tous les ponts militaires qui doivent livrer passage à des troupes nombreuses, et surtout lorsque leur tablier est étroit.

Lorsque l'ouverture des travées est

considérable, on peut soutenir les longes- | rons, si cela est nécessaire, au moyen de

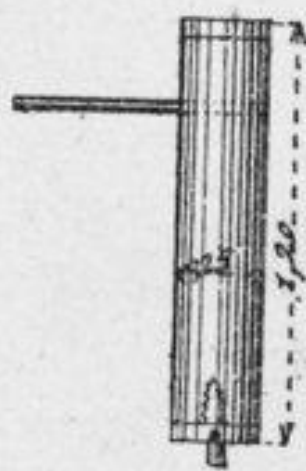


Fig. 532.

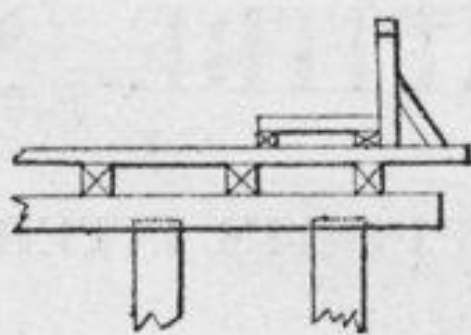


Fig. 533.

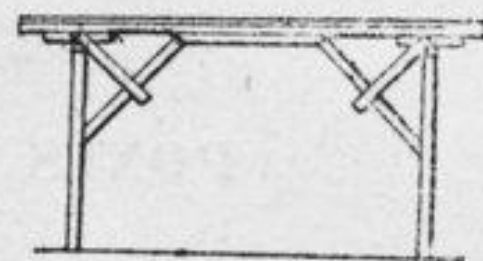


Fig. 534.

corbeaux appuyés sur les chapeaux, ou au moyen de sous-longerons et de contre-fiches (fig. 534).

1073. Brise-glaces. — On garantit chaque palée du choc des corps flottants

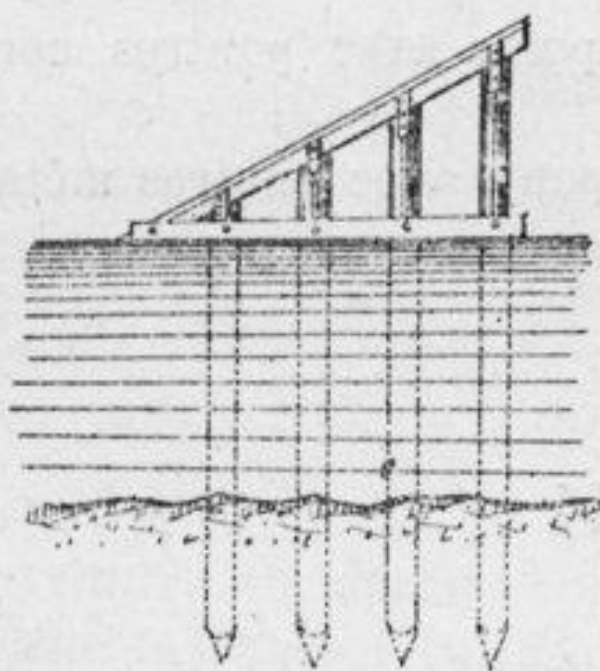


Fig. 535.

par un *brise-glaces*, composé de trois ou quatre pilots plantés en amont, dans le prolongement de la palée, et à une petite distance de celle-ci, pour éviter que les chocs qu'ils reçoivent se transmettent au pont. Ces pilots sont reliés par une moise horizontale et coiffé d'un chapeau incliné dont le dessus est taillé à arête vive et garni de tôle pour briser les glaçons, (fig. 535).

1074. Pieux à vis. — On peut enfoncer les pilots d'une manière plus expéditive qu'avec la sonnette, en faisant usage de pilots armés à leur partie inférieure d'un

sabot portant une vis en fer à filet tranchant (fig. 536).

Ces pilots, appelés *pieux à vis*, sont en-

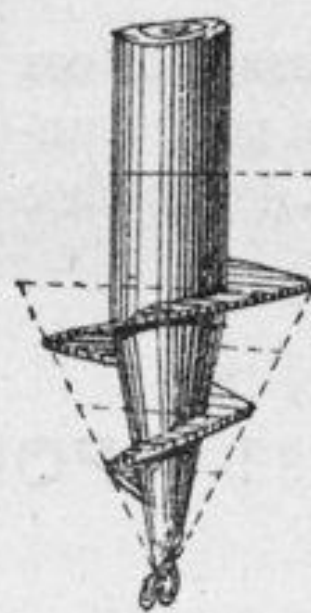


Fig. 536.

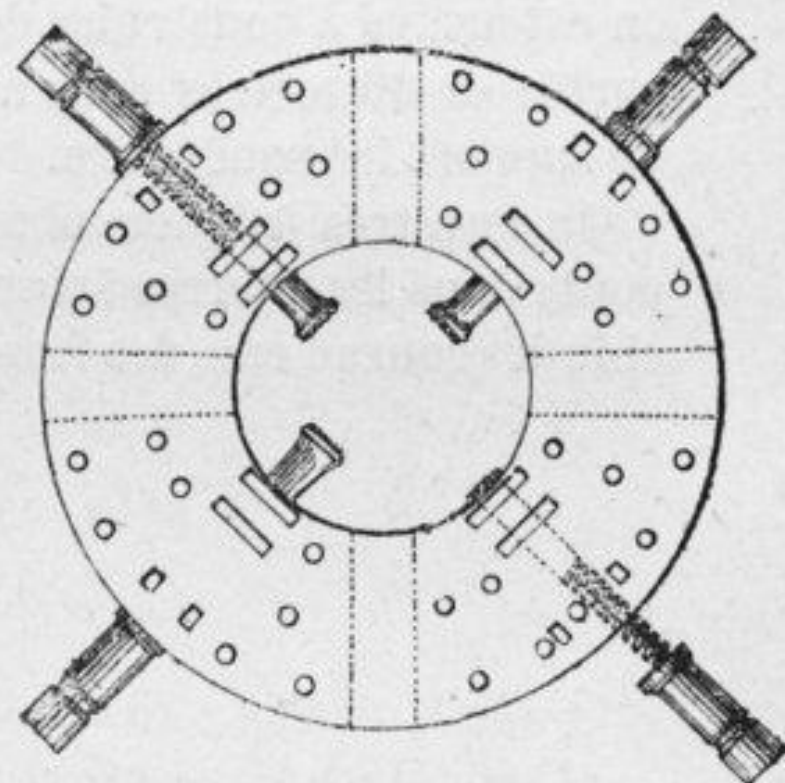


Fig. 537.

foncés à l'aide d'un collier que l'on visse fortement sur leur tête et qui sert à leur imprimer un mouvement de rotation (fig. 537).

1075. Extraction des pilots. — Le moyen le plus simple pour arracher un pilot consiste à entourer la tête du pilot d'une corde solidement brélée : on attache cette corde à l'extrémité d'une forte poutrelle qu'on dispose sur un chevalet de manière à former levier, et on pèse sur l'extrémité opposée de la poutrelle pendant qu'on ébranle le pilot, en le frappant latéralement à coups de masse.

CHAPITRE X

PONTS SANS SUPPORTS INTERMÉDIAIRES

1076. Emploi. — On comprend sans peine qu'un pont sans supports intermédiaires ne peut avoir une grande portée; néanmoins par suite des progrès toujours croissants des sciences et de l'industrie, on est arrivé à construire des ponts d'une portée de 40 mètres sans aucune espèce de support intermédiaire.

On fera très fréquemment usage de ces ponts dans les guerres futures, pour franchir des cours d'eau, des fossés, des brèches

d'une largeur moindre que la portée indiquée ci-dessus.

Les ponts sans supports intermédiaires peuvent être rangés en quatre catégories :

- 1° Les ponceaux;
- 2° Les ponts avec dispositifs de charpente ;
- 3° Les ponts avec poutres composées en bois ;
- 4° Les ponts avec poutres métalliques.

§ I. — PONCEAUX

1077. Composition. — Lorsque le fossé ou le cours d'eau à traverser n'a qu'une faible largeur (5 à 6^m), on appuie simplement sur les deux rives, ou mieux

sur des corps morts, une série de longerons sur lesquels on construit un tablier en madriers, en rondins jointifs ou en fascines (*fig. 538*).

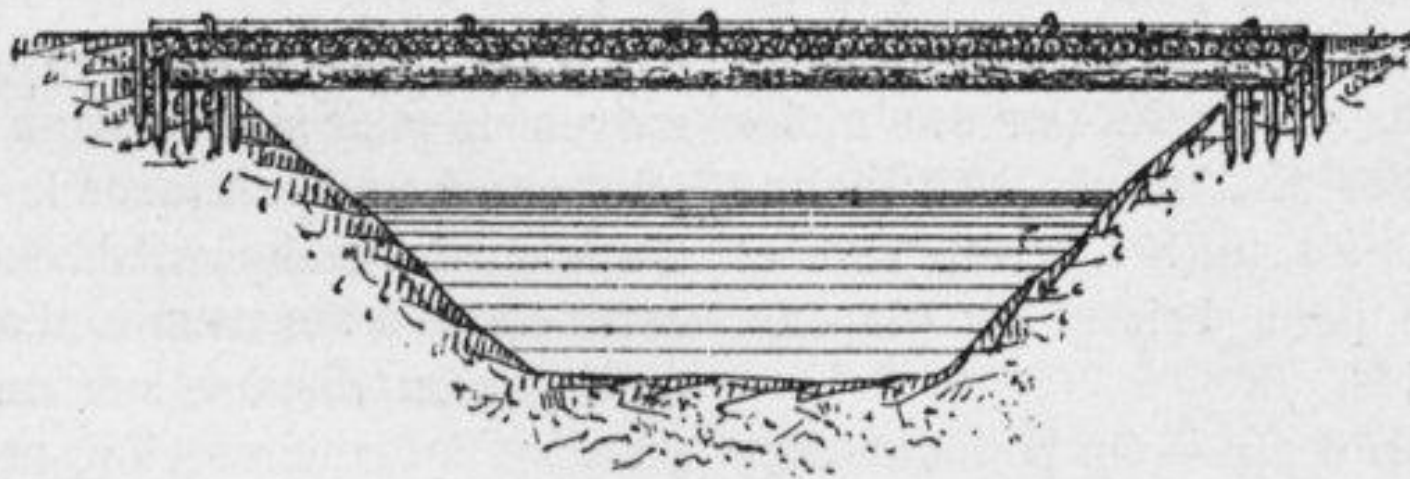


Fig. 538.

Ces ponts portent le nom de *ponceaux*. Ils peuvent aussi être formés de longerons jointifs reliés par des traverses ; le tout est ensuite recouvert de terre.

Lorsque les longerons sont des bois en grume, on se contente de dresser leur face supérieure et les parties qui reposent sur les culées. On a soin de placer

les gros bouts de ces pièces de bois alternativement d'un côté et de l'autre, afin d'obtenir une résistance uniforme tout le long de la travée. L'intervalle entre les longerons dépend de leur diamètre et de l'épaisseur du tablier.

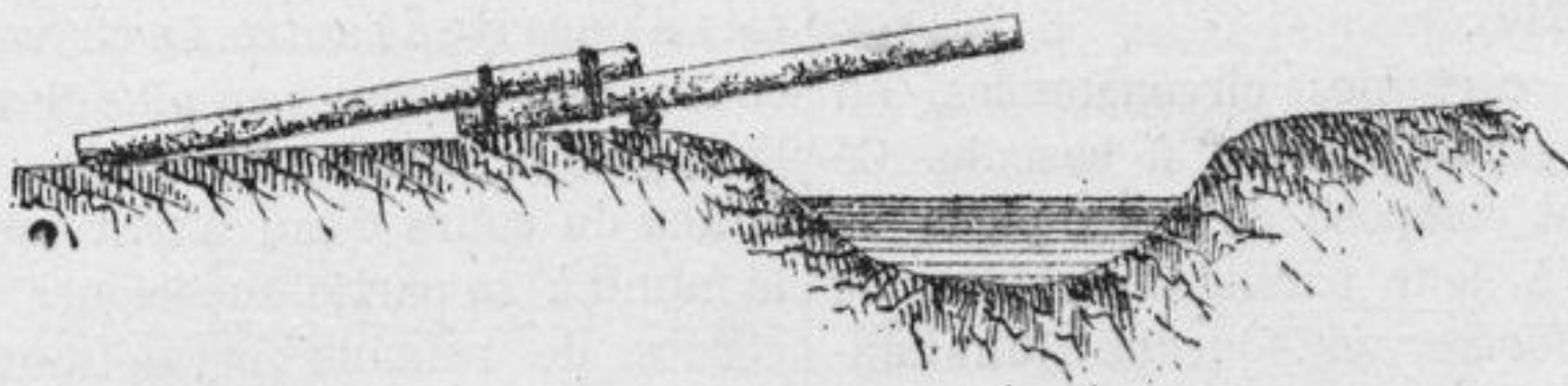


Fig. 539.

1078. Procédés de mise en place. — On met le premier longeron en place par l'un des procédés suivants:

1° Lorsque la hauteur d'eau est faible, on peut faire porter l'extrémité extérieure du longeron d'un bord à l'autre, à bras d'hommes. On peut aussi le tirer de la rive d'arrivée à l'aide de cordes d'un ca-

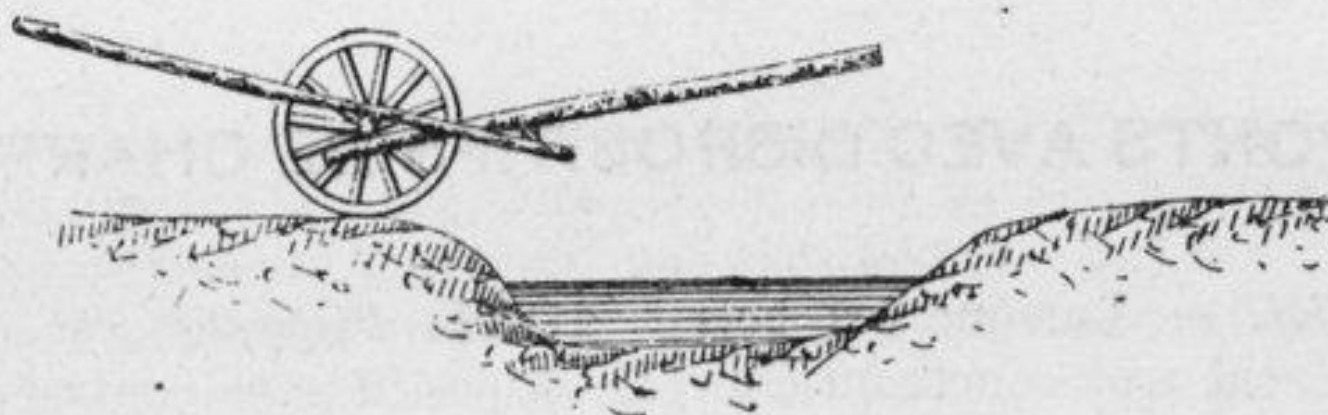


Fig. 540.

bestan, d'une chèvre. On facilite l'opération en disposant le longeron sur des rouleaux du côté de la rive de départ.

2° Lorsque les procédés précédents ne

sont pas applicables, on fixe à l'aide d'une corde, sur la partie postérieure du longeron à mettre en place, un deuxième longeron dans le prolongement du premier

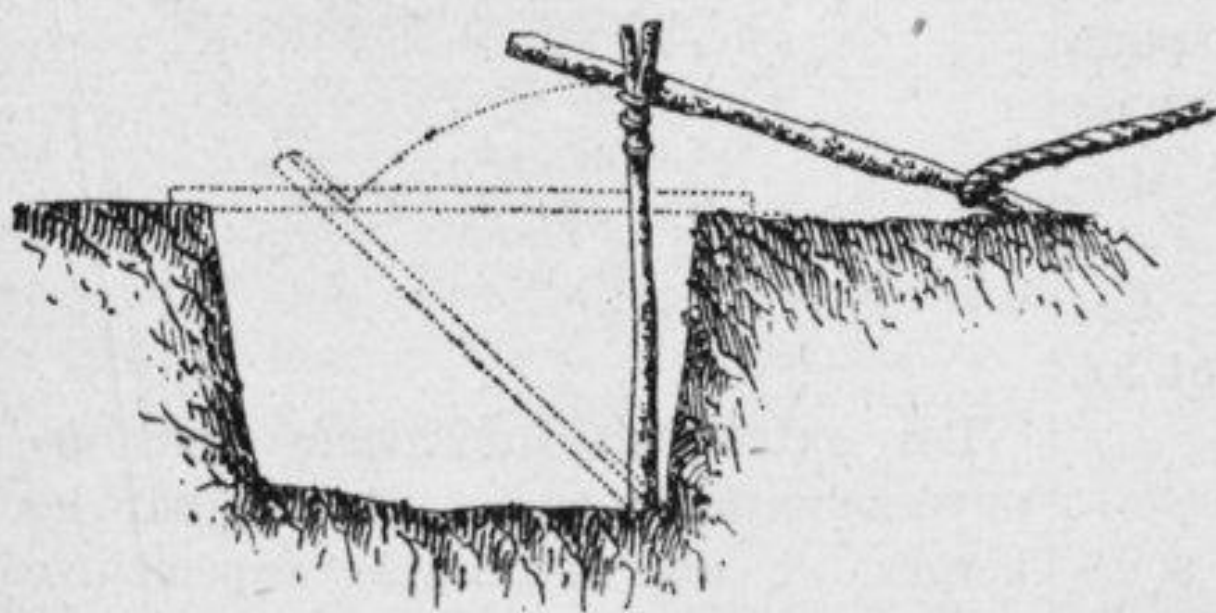


Fig. 541.

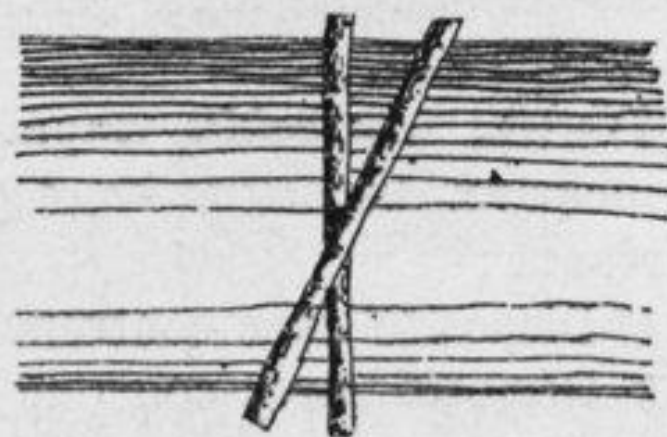


Fig. 542.

et on fait avancer le système sur un fort rouleau, en exerçant en même temps une pesée à l'extrémité postérieure pour soulever l'extrémité extérieure (fig. 539).

3° On peut aussi engager l'extrémité postérieure du longeron entre la volée fixe et l'essieu d'une voiture, en faisant contrepoids au bout du timon. On forme

le système sur le cours d'eau à franchir, et lorsque le longeron est suffisamment avancé, on le pose sur les deux rives en soulevant le timon et en dégageant l'avant-train (*fig. 540*).

4° Dans certaines circonstances, on peut employer un chevalet à bascule. Ce chevalet est composé de deux pieds se recroisant à leur partie supérieure, de manière à former une fourche à une hauteur telle qu'elle puisse par une conversion atteindre la rive opposée (*fig. 541*).

On appuie les pieds du chevalet sur le fond du cours d'eau, la fourche reposant sur la rive de départ; on engage l'extrémité du longeron dans cette fourche et on pousse en avant pour faire basculer le

système. Des cordes de retraite permettent de modérer le mouvement.

Ce dernier système peut aussi servir à faire passer rapidement quelques hommes d'une rive à l'autre. Le chevalet, dans ce cas, doit être un peu plus élevé que ne l'indique la figure 109. On le place au milieu du cours d'eau à traverser, et on le munit à sa partie supérieure de deux cordes de retenue permettant de lui communiquer un mouvement de va-et-vient.

Le premier longeron étant en place, on fait glisser le deuxième obliquement sur le premier jusqu'à ce que son extrémité atteigne la rive opposée; et de même pour les autres (*fig. 542*).

§ II. — PONTS AVEC DISPOSITIFS DE CHARPENTE

1079. Emploi. — Lorsque les bois dont on dispose sont trop courts ou d'un trop faible équarrissage pour la portée à franchir, on est obligé de créer des points d'appui intermédiaires, soit au moyen d'étais reposant sur le fond du cours d'eau, soit au moyen de dispositifs particuliers, si le tablier doit être établi à une certaine hauteur au-dessus du fond, comme cela a lieu pour les torrents, les cours d'eau à berges escarpées, et surtout pour la réparation des brèches faites dans les ponts permanents, ainsi que nous le verrons plus loin.

1080. Dispositifs employés. — Les principaux dispositifs employés sont les suivants :

- 1° Dispositif avec contrefiches;
- 2° Dispositif avec contrefiches et sous-longerons;
- 3° Dispositif avec cadres arc-boutés;
- 4° Dispositif avec fermes simples;
- 5° Dispositif avec fermes à deux aiguilles pendantes;
- 6° Dispositif avec fermes droites à entraînement.

1081. Dispositif avec contrefiches. — Le dispositif avec contrefiches consiste à arc-bouter l'une contre l'autre deux contrefiches sous le milieu des longerons (*fig. 543*).

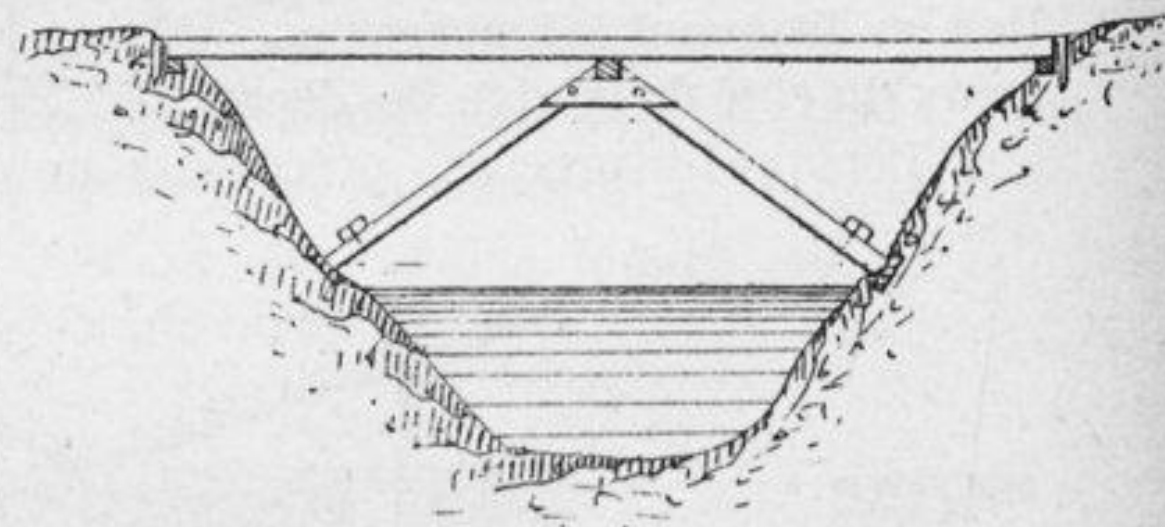


Fig. 543.

Les extrémités inférieures sont appuyées sur des semelles établies sur les berges, et les extrémités supérieures viennent s'assembler deux à deux à un chapeau, au moyen d'entailles, de coussinets et de clameaux; elles sont réunies par des traverses qui les rendent solides et les empêchent de se déplacer latéralement. L'angle formé par une contrefiche avec le longeron devant être

supérieur à 30 degrés, on établit la semelle en conséquence.

Le dispositif à un point fixe ne convient que pour des portées ne dépassant pas 10 mètres ; il suffit d'employer trois ou quatre longerons et un chapeau de 0^m,20 d'équarrissage, soutenus par un nombre

égal de contrefiches de 0^m,15 d'équarrissage.

1082. *Dispositif avec contrefiches et sous-longerons.* — Ce dispositif avec contrefiches et sous-longerons est employé lorsque la brèche a une largeur comprise entre 10 et 15 mètres (*fig. 544*).

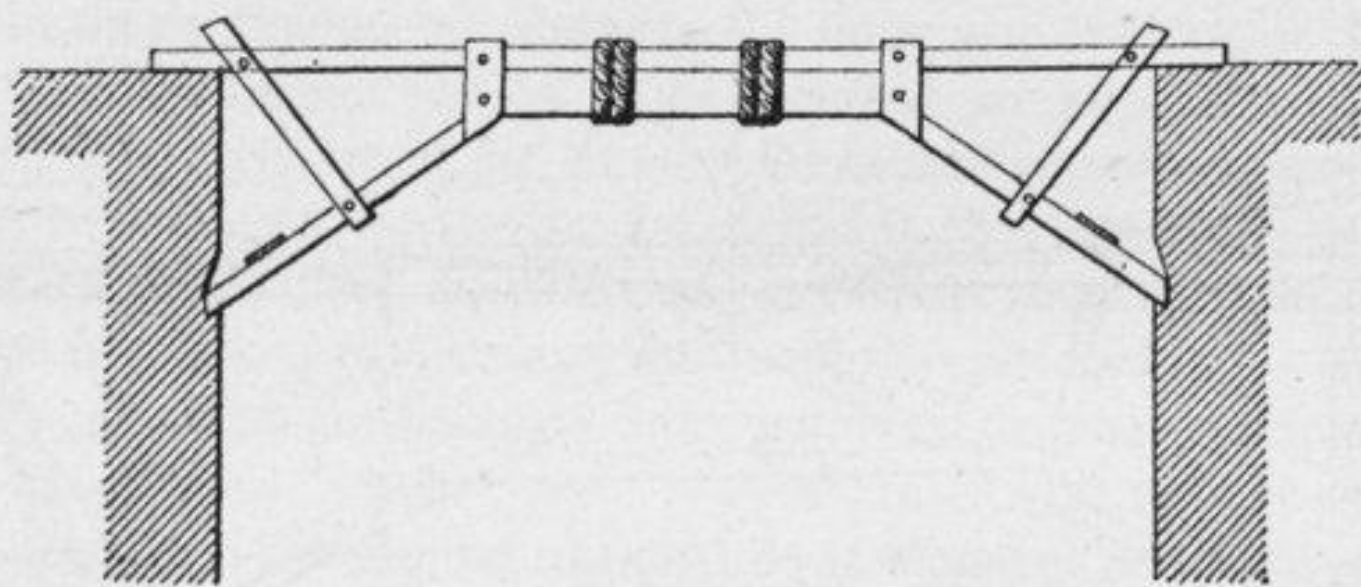


Fig. 544.

Dans ce système, on crée deux points fixes intermédiaires en plaçant, sous le tiers du milieu de chaque longeron, un sous-longeron de même équarrissage, soutenu à ces mêmes extrémités par des contrefiches. Comme c'est le tiers du milieu qui offre le plus de résistance, on peut, lorsque les contrefiches sont trop obliques, les redresser un peu en augmentant la longueur des longerons. Ces

derniers peuvent être composés de deux ou trois parties assemblées à mi-bois et chevillées.

Les équarrissages de différentes pièces sont les mêmes que pour le dispositif avec contrefiches. On peut, sans augmenter l'équarrissage, franchir des brèches encore plus larges, en multipliant le nombre des sous-longerons et des contrefiches. Ainsi, en employant deux sous-longerons,

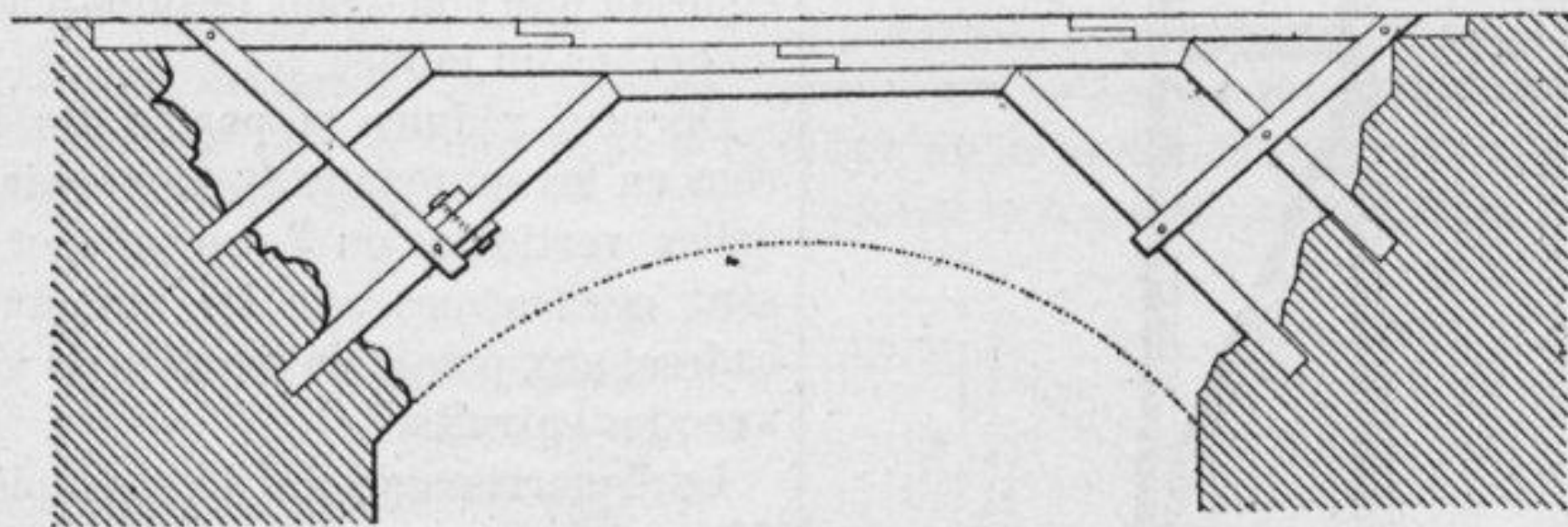


Fig. 545.

auxquels on donne des longueurs un peu plus grandes que les $\frac{1}{5}$ et $\frac{3}{5}$ de la portée, on peut franchir des brèches de 30 mètres avec des bois de 0^m,22 d'équarrissage. On consolide les contrefiches au moyen de moises pendantes et au besoin de moises horizontales (*fig. 545*).

Ce dispositif à contrefiches est très

solide et très simple ; la mise en place des pièces ne présente pas de difficultés particulières, à condition qu'il soit possible de jeter d'une culée à l'autre deux longerons d'une seule pièce pour commencer l'opération, sinon il faut construire des échafaudages, et l'on préfère généralement alors renoncer à ce système.

1083. Dispositif avec cadres arc-boutés. — Les dispositifs avec cadres arc-boutés consistent à faire reposer les longerons sur un chapeau supporté lui-même par deux cadres arc-boutés, qui s'appuient sur des semelles solidement établies sur les berges (*fig. 546*). Ces cadres sont formés de deux mon-

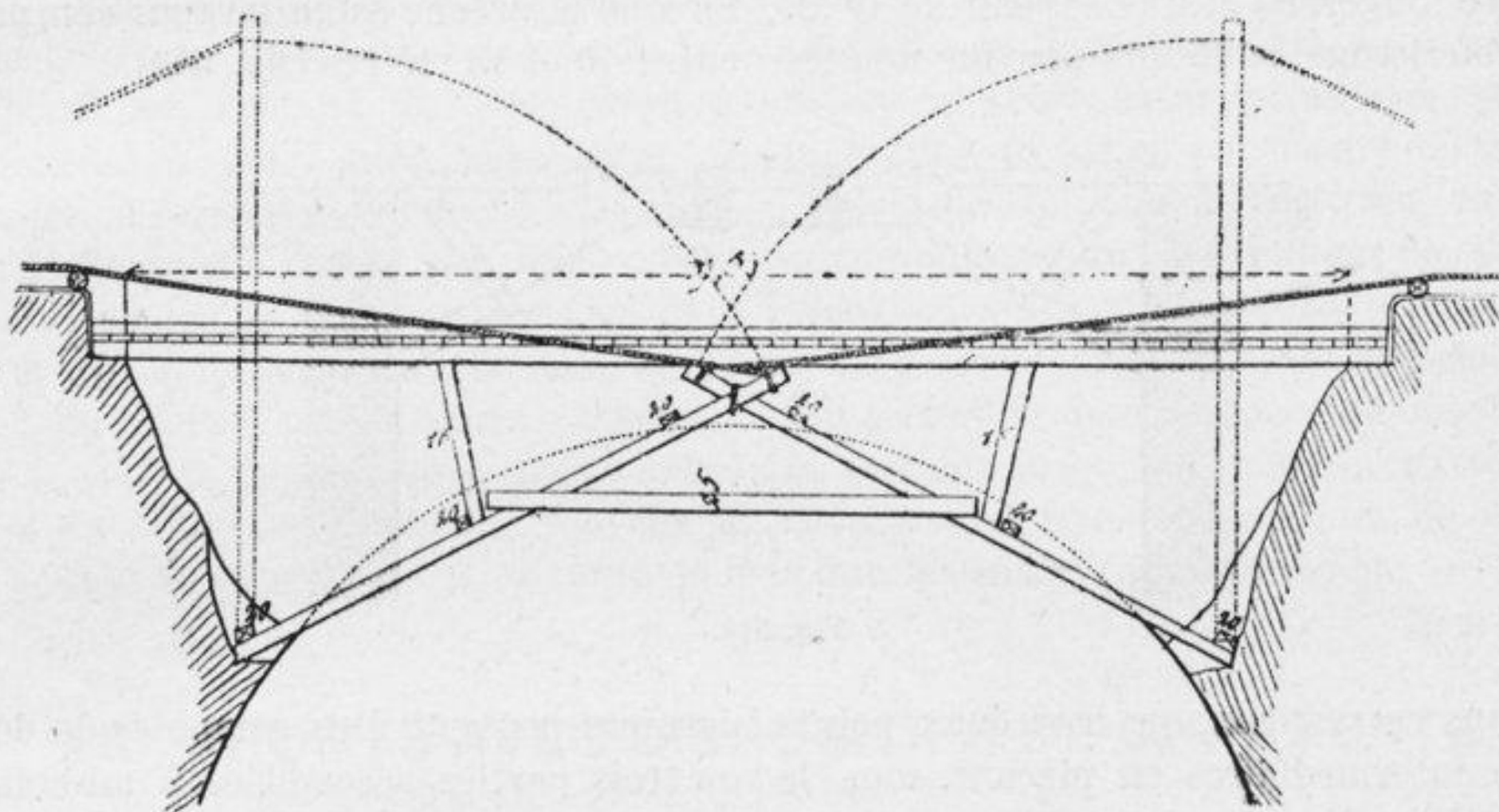


Fig. 546.

tants réunis par deux traverses et une écharpe (*fig. 547*). Leur longueur est calculée de telle sorte qu'ils se recroisent de quelques décimètres au milieu de la brèche. On les met en place en les faisant

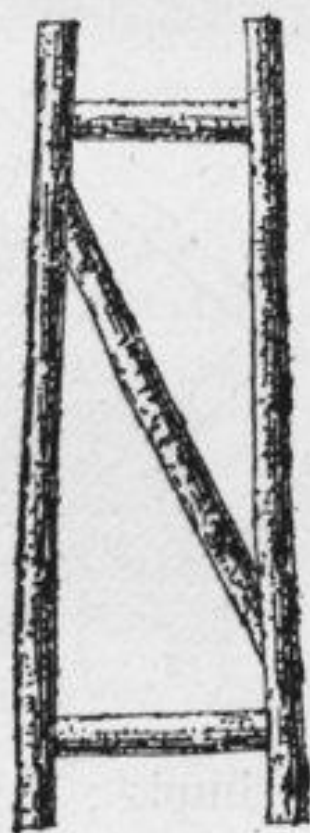


Fig. 547.

tourner autour de leur partie inférieure, maintenue sur la semelle, et en modérant le mouvement de rotation au moyen de cordes de retrait attachées à leurs sommets. Lorsqu'ils sont arc-boutés par les

traverses supérieures, on réunit deux à deux les montants par deux cadres au moyen de ligatures, de boulons et d'entrails moisés comme l'indique la figure, puis on place le chapeau dans la fourche formée par les montants. C'est sur ce chapeau que l'on vient ensuite placer les longerons du tablier.

On peut réduire la portée des longerons en les soutenant au moyen de chandelles verticales ou à peu près, et reposant elles-mêmes sur les montants des cadres, aux points de jonction de ceux-ci avec les entrails.

Les équarrissages des diverses pièces se déterminent comme dans le cas du système à contrefiches.

Ce dispositif fut employé par les Anglais pendant la guerre d'Espagne, en 1809, pour réparer une arche du pont d'Alméida. La brèche avait 20^m,50 d'ouverture et le pavé du pont s'élevait à 22^m,50 au-dessus du niveau de l'eau.

1084. Dispositif avec fermes simple. — Le dispositif avec fermes simples con-

siste à construire sur chacune des deux poutres allant d'une rive à l'autre, une ferme simple à poinçon, destinée à donner un point fixe intermédiaire et à doubler à peu près la force des poutres (*fig. 548*).

Le point fixe est produit par l'arc-boutement de deux arbalétriers *aa* de chaque côté d'un poinçon *p* qui soutient le milieu *m* de chaque poutre. Le poinçon est réuni aux poutres par un étrier en fer ou par un assemblage à tension passant avec clef. Les fermes étant construites, on pose sur les poutres des traverses équidistantes qui servent de supports aux poutrelles et aux madriers.

Pour s'opposer au déversement de ces fermes, on relie le poinçon à la traverse

voisine, prolongée à cet effet, comme l'indique la coupe transversale, à l'aide de liens. Lorsque la hauteur du poinçon dépasse 3^m, il faut contreventer les fermes par une moise horizontale, qui réunit les deux poinçons à leurs parties supérieures, afin de ne pas gêner la circulation.

Pour une brèche de 10^m, les poutres doivent avoir 0,25 sur 0,25 d'équarrissage, les arbalétriers 0,18 sur 0,18 et les poinçons 0,18 sur 0,12.

1085. *Dispositif avec fermes à deux aiguilles pendantes.* — Au lieu d'un seul poinçon, on peut employer deux aiguilles pendantes *pp*, ce qui réduit la hauteur de la ferme et permet d'employer des bois moins longs. La partie supérieure des ai-

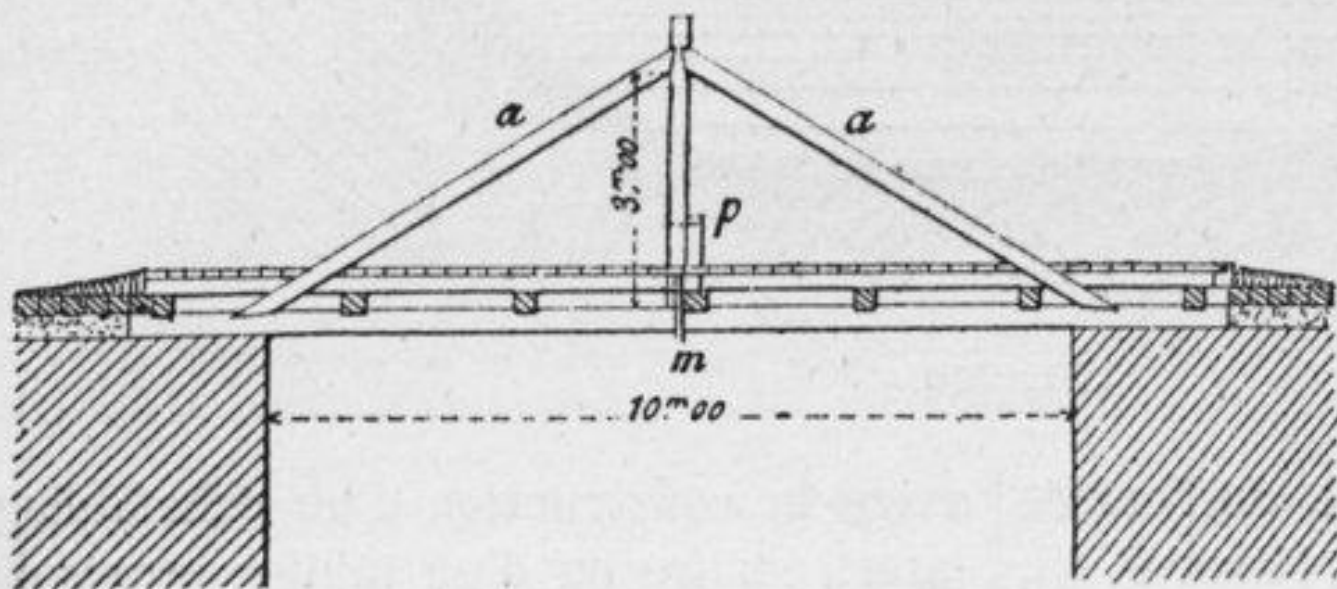
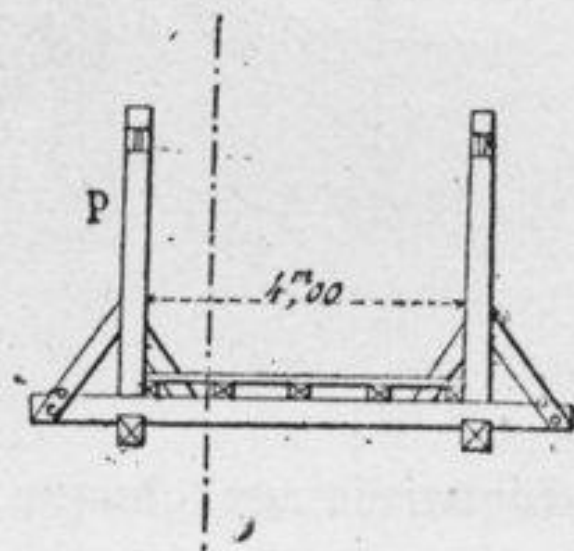


Fig. 548.



guilles pendantes est alors réunie par une traverse horizontale *t*. Le reste de la construction se fait comme dans le cas précédent (*fig. 549*).

1086. *Dispositif avec fermes droites à entrails.* — Lorsqu'on peut prendre appui sur les talus des deux rives, on peut employer le dispositif avec fermes droites à

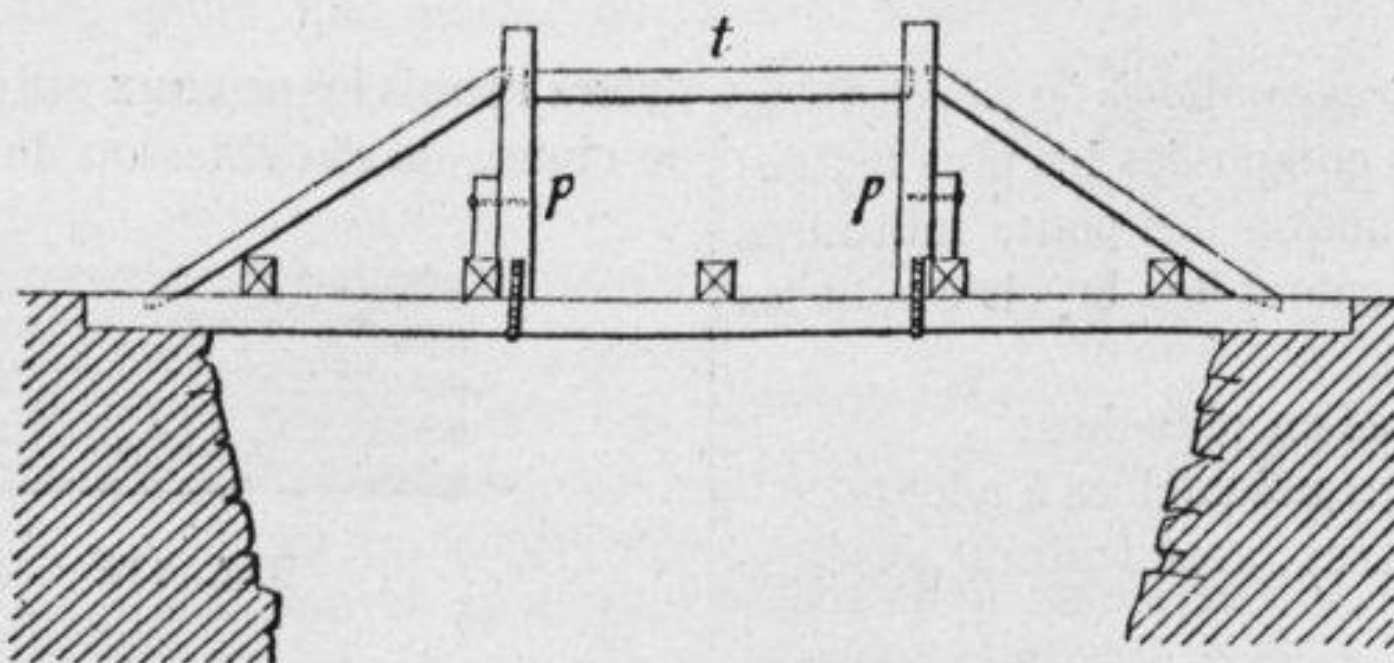


Fig. 549.

entrails (*fig. 550*). Chaque ferme se compose de deux arbalétriers *aa* reposant sur des semelles *s* et d'un entrail moisé *e*, réuni aux arbalétriers par des boulons de

manière à former un système invariable; un poinçon p assure l'arc-boutement des arbalétriers dans de meilleures conditions que s'il se faisait directement. Une ferme semblable est établie de chaque côté du pont; deux traverses t reposent sur l'en-

trait en dehors des arbalétriers et créent des points d'appui intermédiaires sur lesquels viennent s'appuyer les poutrelles.

Le système peut s'employer pour des brèches de 10 à 15^m, les poutres et les arbalétriers devront avoir 0, 27 sur 0, 27

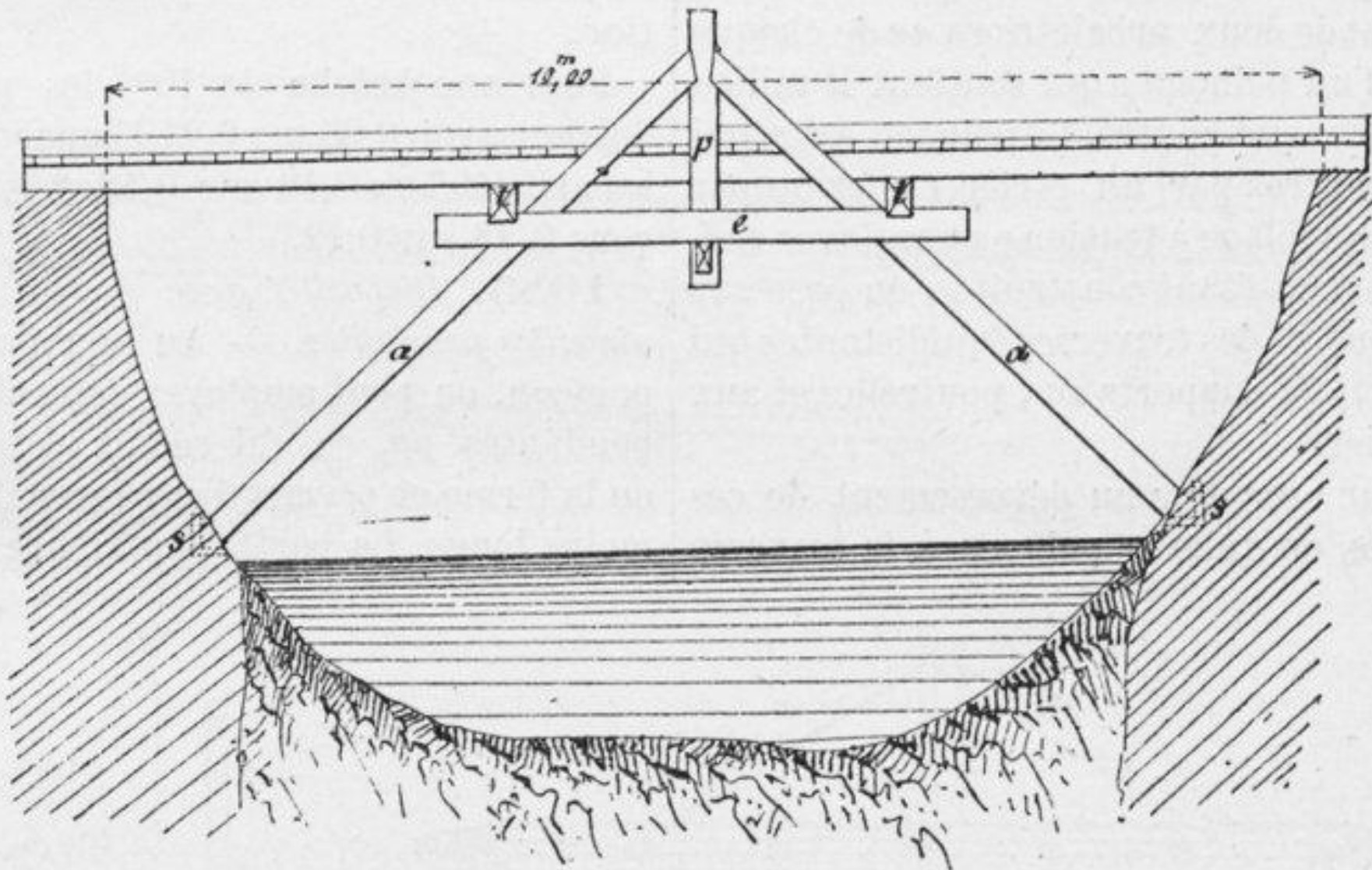


Fig. 550.

d'équarrissage, chaque moise de l'entrée 0, 12 sur 0, 24 et le poinçon 0, 14 sur 0, 12.

L'inconvénient de ce système, c'est qu'il

exige la construction d'un échafaudage intermédiaire ou d'un tablier provisoire pour la mise en place des fermes.

§ III. — PONTS AVEC POUTRES COMPOSÉES EN BOIS

1087. Poutres composées les plus usitées.

— Les poutres composées les plus usitées pour la construction des ponts militaires ou le franchissement des brèches sont les suivantes :

- 1° Les poutres en planches;
- 2° Les poutres assemblées à adents;
- 3° Les poutres américaines système Town;
- 4° Les poutres système Howe.

1088. 1° Poutres en planches. — On peut former, au moyen de planches ou de ma-

driers réunis les uns aux autres au moyen de clous, de chevilles ou de boulons, des

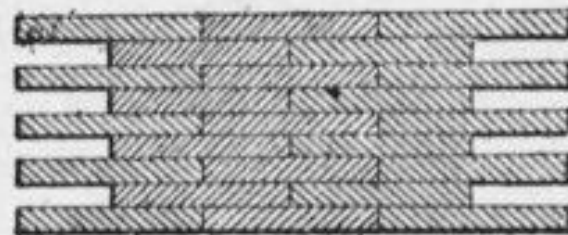


Fig. 139.

poutres d'une longueur et d'un équarrissage quelconques (fig. 551).

La résistance d'une semblable poutre

est peu inférieure à celle des poutres ordinaires de même équarrissage ; mais sa mise en place est bien plus facile, car on peut leur donner provisoirement les dimensions strictement nécessaires pour porter quelques hommes et quelques planches, les mettre en place sur les cuilées et achever ensuite de leur donner les dimensions voulues par l'addition de nouvelles planches. La résistance ou force de support de ces poutres est donnée par la formule suivante, qui s'applique à toutes les pièces de bois à section rectangulaire :

$$\frac{PX}{4} + \frac{pX^2}{8} = \frac{Rab^3}{6}$$

dans laquelle P représente la surcharge au milieu de la portée ; p la charge uniformément répartie par mètre courant ; X la portée ; a la largeur et b la hauteur de la poutre.

R est un coefficient qui varie avec l'essence et la qualité du bois, ainsi qu'avec la durée d'action de la charge ; il est de 800,000 pour les bois neufs de sapin et de chêne de bonne qualité ; de 600,000 pour les bois fatigués ; de 400,000 pour les poutres en planches, afin de tenir compte des défauts d'assemblage.

2° Il est bien entendu que ce genre de poutre ne sera employé que lorsqu'on disposera d'une grande quantité de planches.

1089. 2° Poutres assemblées à adents. — Ces poutres sont formées de deux ou trois pièces superposées réunies par des boulons, et entre lesquelles on a chassé des clefs en bois dur, en forme de coins, de distance en distance, pour empêcher le glissement longitudinal des pièces (fig. 532).

Ces poutres sont destinées à franchir des brèches de 5 à 10^m de largeur, de

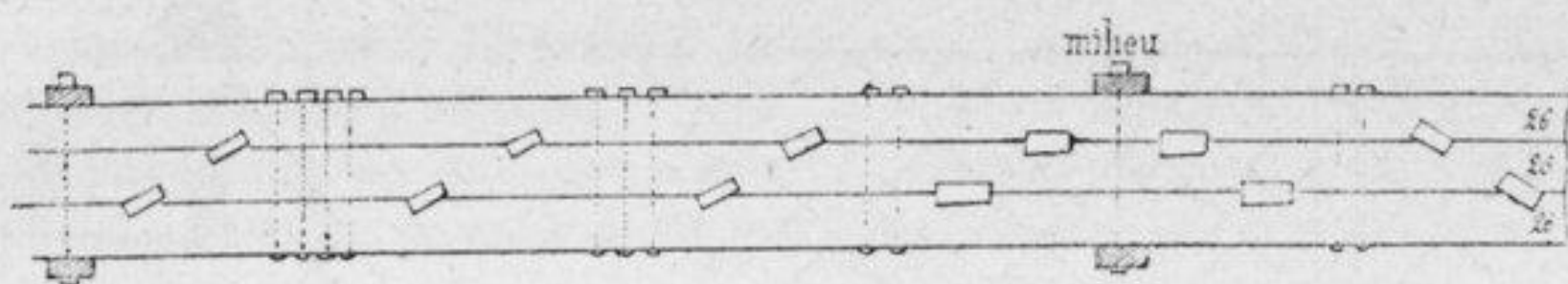


Fig. 532.

manière à permettre le passage des trains sur les voies ferrées.

Les pièces de bois employées doivent avoir de 0^m, 26 à 0^m, 32 de largeur, et la hauteur de la poutre composée doit être de 1/12 à 1/9 de la portée, c'est-à-dire de 0^m,90 au moins pour une portée de 10^m.

Les boulons qui servent à réunir, les poutres superposées sont espacés d'environ 1^m. On en place d'abord un au centre, puis 2, 3, 4, etc. en augmentant de part et d'autre pour chaque point de division ; On n'en met que deux aux extrémités.

Les clefs servant à empêcher le glissement longitudinal se composent de deux pièces en forme de coins qu'on force après le serrage des boulons.

La clef du milieu est horizontale ; les autres sont inclinées de manière que la

face la plus élevée se trouve du côté du milieu de la portée. Les clefs ont un équarrissage de 6/13 pour les portées inférieures à 6^m,50, et 6/16 pour les portées comprises entre 6^m,50 et 10 mètres.

Dans les poutres composées de trois pièces, il faut deux files de clefs, comme l'indique la figure ci-dessus.

Ce dispositif peut subir des modifications de détail, suivant les circonstances ; on pourra, par exemple, diminuer le nombre des boulons en augmentant leur diamètre, etc.

1090. 3° Poutres américaines système Town. — La poutre du système Town se compose d'un système de pièces de bois recroisées formant treillis et reliées à leurs parties supérieures et inférieures par deux moises. Les pièces du treillis et les moises sont reliées à chacun de leurs

points de croisement par des chevilles fortement coincées, ou par des boulons en fer dont les trous préparés d'avance ont un diamètre un peu plus faible que les boulons. Toute la rigidité du système dépend de l'exactitude de ces liaisons.

Les traverses du tablier peuvent s'appuyer soit sur la moise inférieure, soit sur la moise supérieure, soit sur une moise placée dans une position intermédiaire.

La figure 553 représente un pont du système Town à tablier inférieur. Cette méthode convient surtout lorsque l'on n'est pas obligé de donner une grande hauteur aux poutres, comme c'est le cas pour les ponts qui ne doivent supporter que des fardeaux militaires ordinaires,

lorsque la portée n'est pas trop grande. Les poutres sont soutenues au moyen d'arcs-boutants moisés placés à l'extérieur.

La résistance de cette poutre est donnée par la formule suivante :

$$R = \frac{b}{a \left(\frac{b^3 b'^3}{b} \right)} \left(\frac{pX}{4} \times \frac{pX^2}{8} \right)$$

dans laquelle a désigne l'épaisseur de la poutre y compris les moises, b la hauteur totale de la poutre, b' la hauteur comprise entre les deux moises, $R = 400,000$, les autres quantités P , p , X ayant les mêmes valeurs que dans la formule générale (voir n° 1089).

Pour établir un pont en treillis avec des

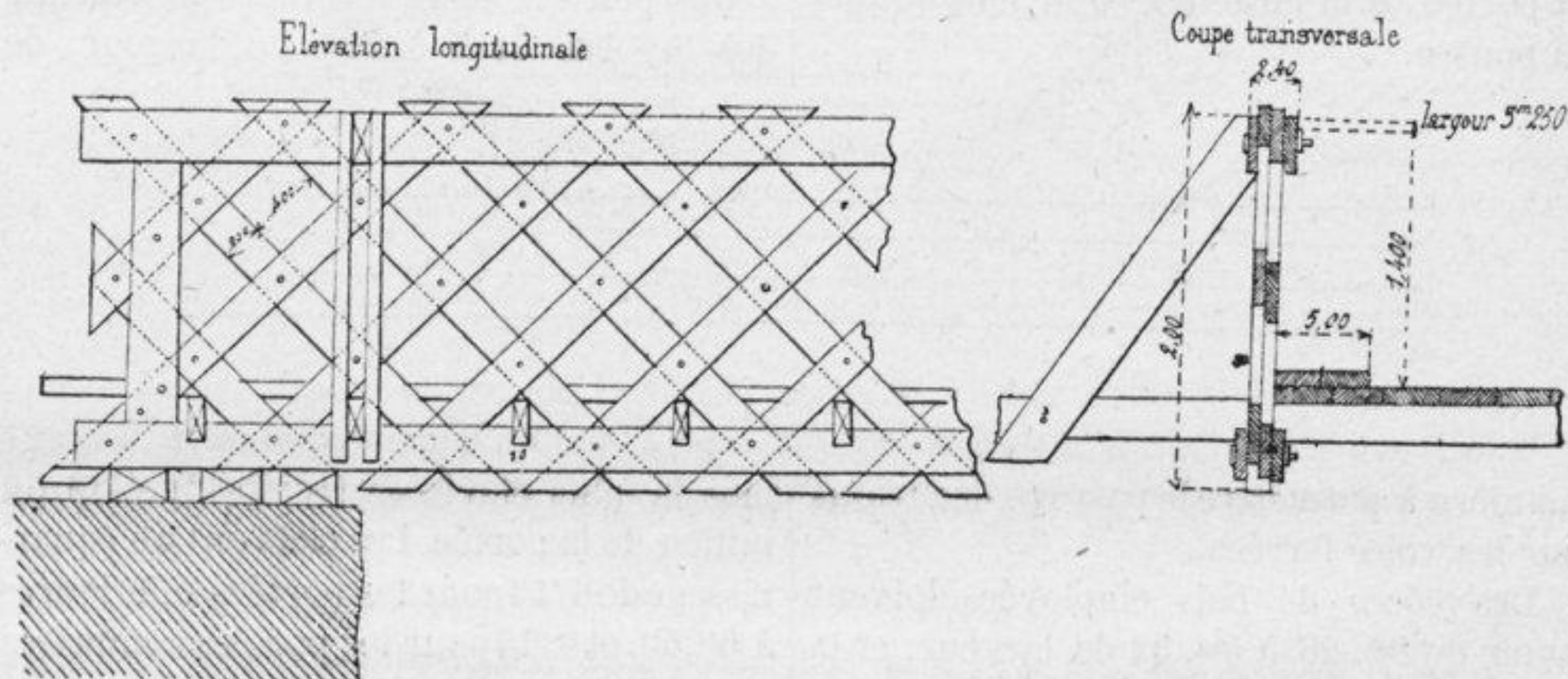


Fig. 553.

madriers de section et de longueur données, on détermine d'abord la hauteur de la poutre, hauteur qui doit être comprise entre $1/6$ et $1/12$ de la portée. On détermine ensuite le nombre des fermes, puis le nombre des coins, des madriers de treillis et des moises de chaque ferme, par la condition d'avoir une résistance suffisante. — L'épaisseur de chaque ferme peut avoir de 0^m,40 à 1 mètre. — On décide enfin, d'après les conditions du débouché, la position du tablier.

Lorsque la portée est un peu considérable, il est nécessaire de multiplier le

nombre de fermes et de les contreventer au moyen de traverses et de croix de Saint-André pour empêcher le gauchissement. On est obligé alors de placer le tablier au-dessus des poutres comme il est indiqué dans la figure 554.

La résistance de la poutre est calculée d'après la formule précédente :

Avec des madriers de 0^m,08 d'épaisseur sur 0^m,30 de largeur, on peut construire des poutres pour franchir des brèches de 50 à 60 mètres, avec des trains de chemin de fer.

Les conditions de débouché peuvent

obliger quelquefois à placer le tablier dans une position intermédiaire; la figure 555 indique les détails de cette disposition.

Ce système a l'avantage de n'exiger l'emploi d'aucune ferrure; la main d'œuvre est très simple, les pièces étant

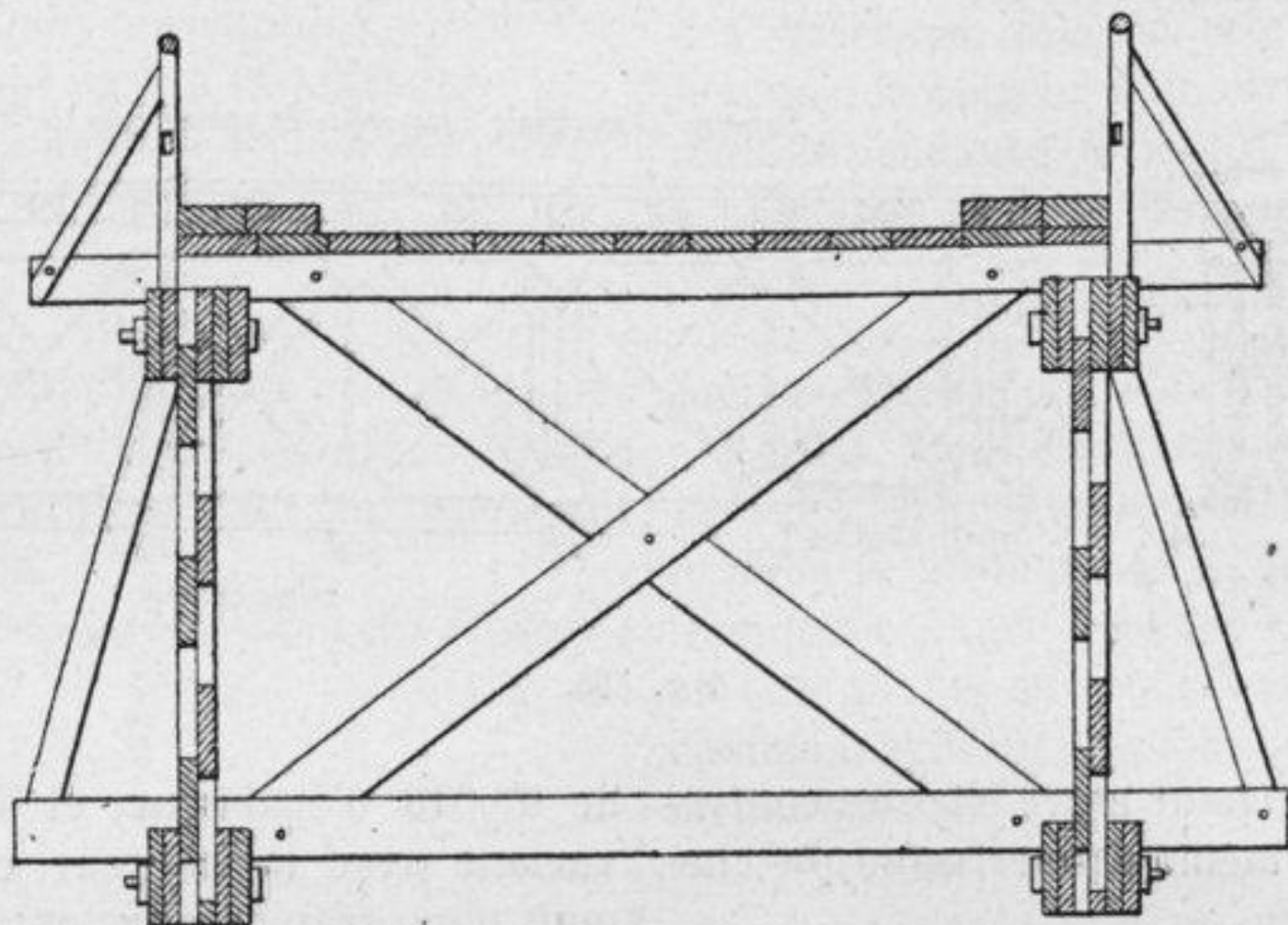


Fig. 554.

toutes semblables, mais le travail doit être fait avec beaucoup de soin.

Son inconvénient est que les poutres sont exposées à perdre promptement leur

sistent aux efforts de compression (fig. 556).

Les cordons supérieur et inférieur sont formés de deux ou trois cours de poutres et d'un nombre correspondant de cours d'étrésillons; chaque cours est traversé d'un nombre convenable de boulons, de manière à avoir une longueur suffisante; les poutres sont de plus contreventées par des traverses.

Ce système ne comporte ni assemblages, ni clous, ni chevilles; toute la solidité est obtenue au moyen de boulons de grande longueur et d'environ 0,03 centimètres de diamètre.

La hauteur de la poutre est comprise entre le $\frac{1}{8}$ et le $\frac{1}{12}$ de la portée. Si la résistance ainsi obtenue n'est pas suffisante avec deux de ces poutres, on en augmente le nombre.

Bien que les efforts supportés ne soient pas les mêmes dans les différentes parties du pont, on donne pourtant des dimensions uniformes à chaque espèce de pièce; on a seulement soin d'augmenter le nombre de boulons dans le quart de chaque travée du côté des supports.

Pour empêcher les écrous de pénétrer

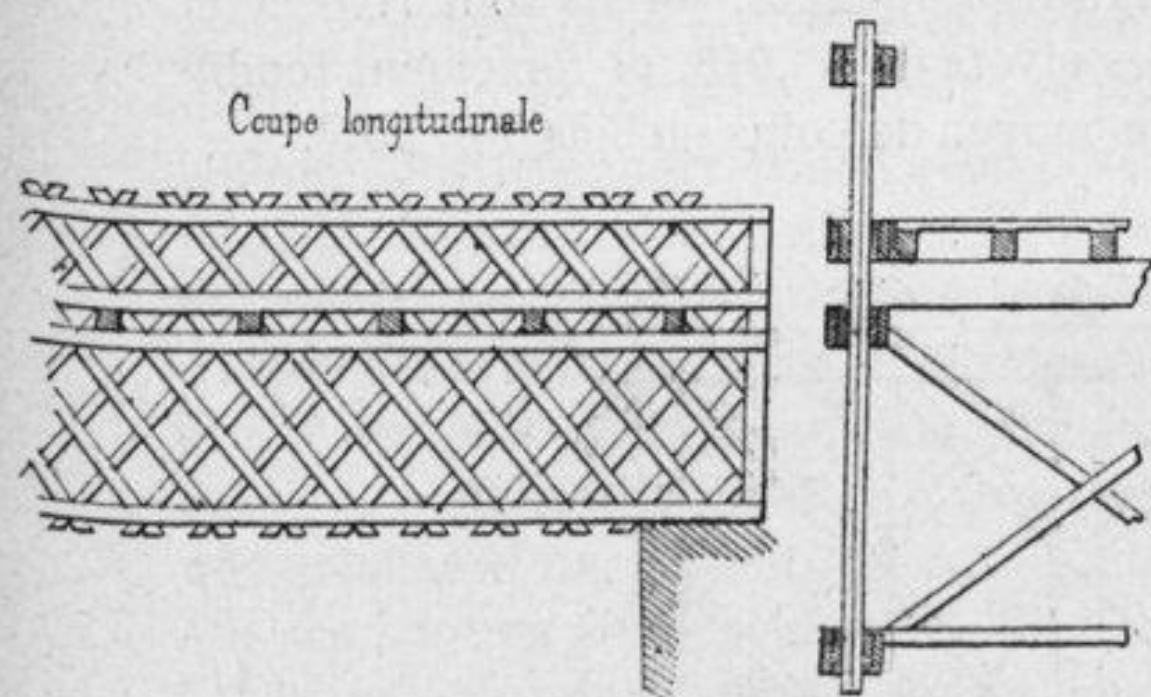


Fig. 555.

rigidité, à cause du grand nombre de liaisons; c'est pourquoi on a cherché à le perfectionner, ainsi que nous allons l'indiquer ci-après, en décrivant les poutres du système Howe.

1091. 4° Poutres système Howe. — Une poutre du système Howe se compose de deux cordons *a*, réunis par des boulons *b*, traversant des coussinets *c*, sur lesquels viennent battre des étrésillons *d*, qui ré-

dans les fibres du bois, on munit les traverses supérieures et inférieures de fortes plaques de tôle, qui sont destinées à recevoir la pression des écrous.

Les étréssillons et contre-étréssillons sont inclinés à 45 degrés et sont boulonnés à chacun de leurs points de croisement.

Chaque étréssillon se compose de deux

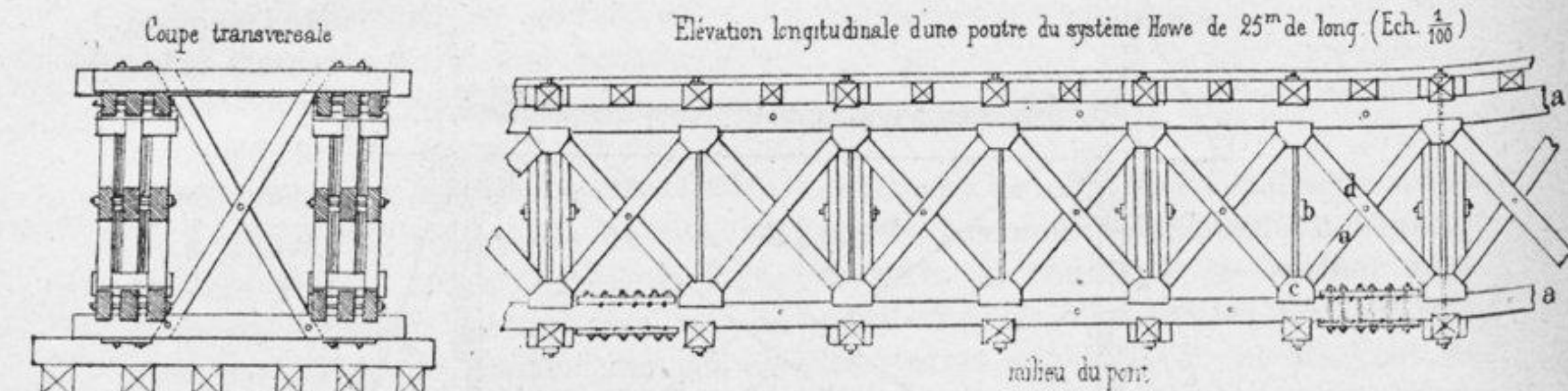


Fig. 556.

pièces, comprenant entre elles un contre-étréssillon de même équarrissage que chacune d'elles.

Les joints des deux ou trois cours de poutres qui forment chaque cordon doivent être recroisés; on peut aussi, faute de bois de fort équarrissage, former ces cordons au moyen de poutres composées de madriers de 0^m,05 à 0^m,08 d'épaisseur. Enfin, lorsque l'on manque de boulons, on peut les remplacer par des étriers en fer plat

de 0^m,013 d'épaisseur, et d'une largeur variant avec la hauteur de la poutre, mais plus grande aux extrémités qu'au milieu de la portée. Les étriers embrassent des traverses placées en dessus et en dessous de la poutre et qui servent en même temps au contreventement. — Il faut deux de ces étriers pour former une aiguille pendante. — Ils sont rivés avec des rivets de 0^m,013, et fortement tendus au moyen de coins en bois (fig. 557).

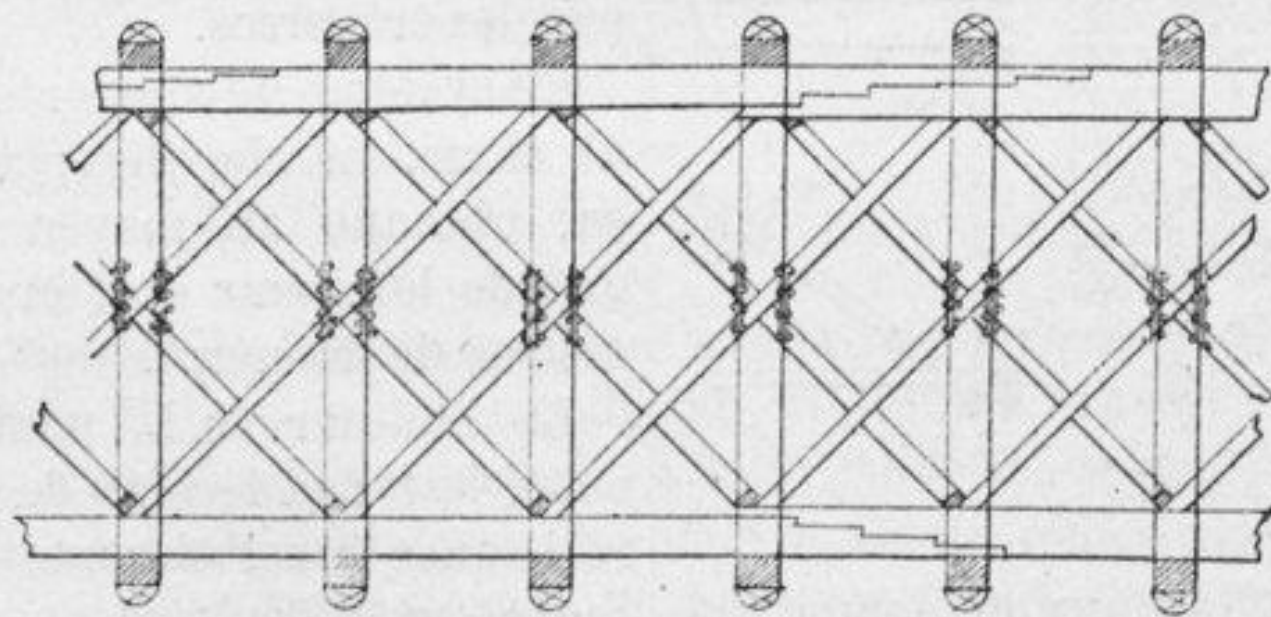


Fig. 557.

Ces poutres peuvent, comme celles du système Town, recevoir le tablier du pont à leur partie supérieure, ou à leur partie inférieure, ou à une partie intermédiaire de leur hauteur, suivant les conditions du débouché.

1092. Formules. — Le calcul des

dimensions différentes pièces se fait au moyen des formules ci-après, savoir :

Formule donnant la section de chaque

$$\text{cordon : } \frac{\frac{1}{8} p l^2}{h R} .$$

dans laquelle p désigne [poids unifor-

mément réparti sur chaque ferme, y compris le poids de celle-ci ;

l désigne la portée exprimée en mètres ;

h , la hauteur du système d'axe en axe des deux cordons horizontaux ;

R , coefficient égal à 600,000.

Formule donnant la section des étré-

$$\text{lons : } \frac{\frac{1}{2} pl\sqrt{2}}{nR}$$

dans laquelle R et p ont les mêmes valeurs que dans la formule précédente : n désigne le nombre d'entre-boulons correspondant à un étrésillon.

Formule donnant la section des boulons :

$$\frac{\frac{1}{2} pl}{nR}.$$

dans laquelle p et n ont les mêmes valeurs que dans la formule précédente.

$$R = 6,000,000.$$

Dans le cas où l'on est forcé d'employer des étriers en tôle en remplacement de boulons, la largeur d'un étrier de chaque aiguille pendante (formée de deux étriers) est donnée par la formule suivante :

$0,00023 \frac{l}{n}$, dans laquelle l et n ont les mêmes valeurs que plus haut.

1093. Montage des poutres. — Le montage des poutres se fait sur l'une des rives et dans le prolongement de la position que doit occuper le pont ; on amène ensuite le tablier sur ses piles par un halage comme il sera dit plus loin pour les ponts métalliques.

§ IV. — PONTES AVEC POUTRES MÉTALLIQUES

1094. Principaux systèmes. — Les progrès considérables réalisés par l'industrie métallurgique depuis quelques années ont amené les militaires et les ingénieurs à rechercher s'il ne serait pas possible de substituer, aux poutres composées en bois, des poutres métalliques en fer ou en acier, formées d'un grand nombre d'éléments d'un poids peu considérable et qui puissent facilement s'assembler à l'aide de boulons, de manière à présenter une solidité et une rigidité aussi grandes que des poutres d'une seule pièce.

Les principaux systèmes de ce genre pouvant être appliqués aux ponts militaires sont les suivants :

1° Le pont avec poutres métalliques du système Eiffel ;

2° Le pont avec poutres métalliques du système du lieutenant-colonel Marcille ;

3° Le pont d'un seul tenant et à claire-voie de MM. Boyer et Marion ;

4° Le pont avec dispositif de charpente réticulée du commandant du génie Henry ;

5° Les ponts polytétraonaux, de l'ingénieur italien Cottrau ;

6° Le pont métallique démontable système Brochocki.

1° Pont Eiffel.

1095. Le pont avec poutres métalliques du système Eiffel se compose des éléments suivants :

1096. Poutres. — Deux poutres en acier formées d'éléments triangulaires placés dos à dos, se recouvrant successivement sur la moitié de leur longueur et reliés entre eux à l'aide de boulons spéciaux. — Chacun de ces éléments a 6 mètres de base sur 1^m,50 de hauteur et pèse 147 kilogrammes (*fig. 558*).

Ces éléments sortent de l'atelier entièrement rivés, et par suite indéformables. — Pour constituer une poutre, on les assemble dans un plan vertical, la grande base à la partie supérieure, la pointe isocèle en bas, et on les juxtapose successivement, de manière que les extrémités d'un triangle correspondant toujours aux milieux des bases des triangles voisins ;

les joints se trouvent donc ainsi entrecroisés, et comme on prend une précaution semblable pour les tirants qui relient les sommets inférieurs des éléments, il en résulte que, malgré le jeu inévitable qui

existe dans les assemblages par les boulons, il ne peut se produire aucun déplacement relatif des pièces les unes par rapport aux autres ; en effet, pour que ces déplacements fussent possibles, il faudrait

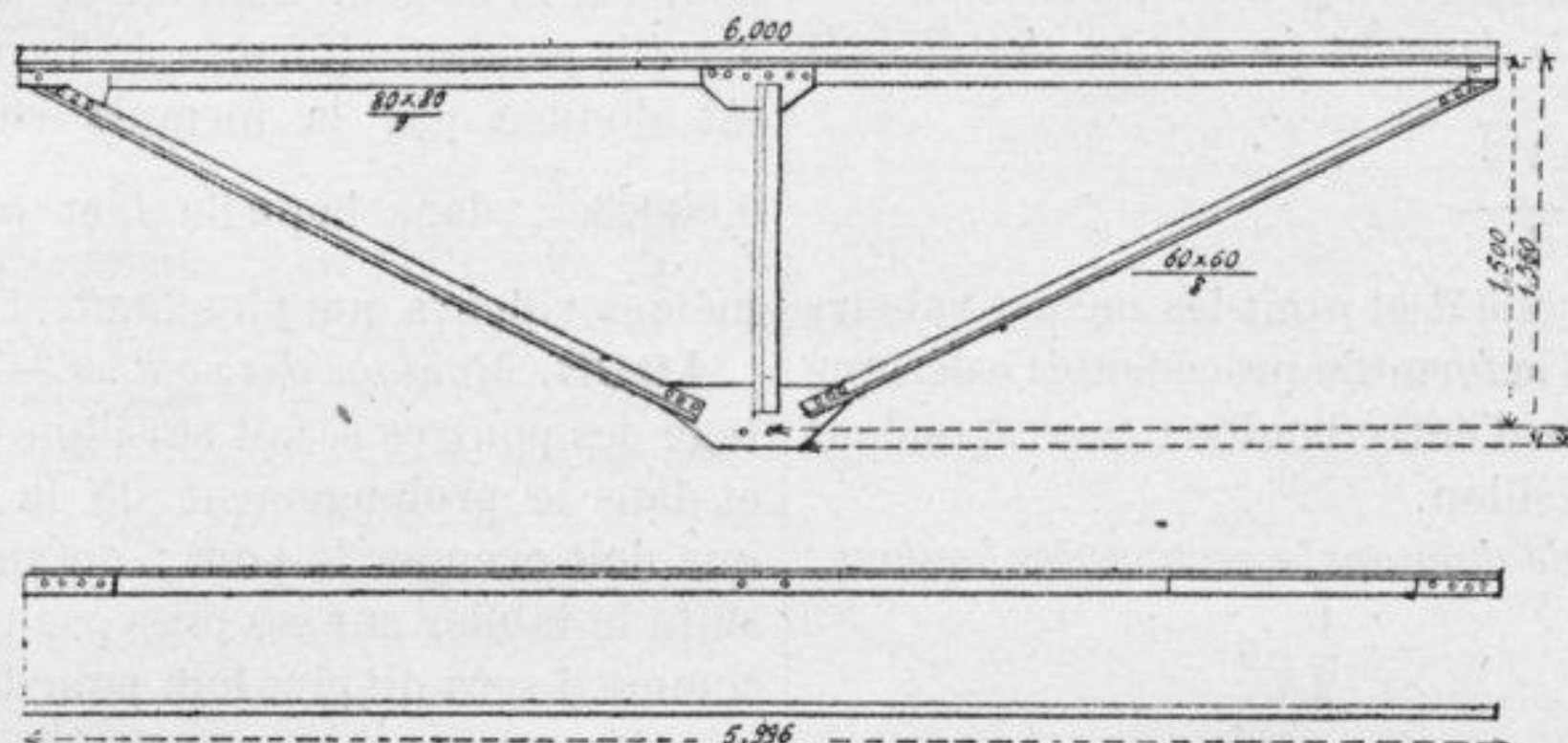


Fig. 558.

qu'il se produisit une déformation des pièces elles-mêmes, ce qui ne peut arriver, celles-ci présentant une rigidité complète dans la limite des efforts qu'elles ont à supporter. — C'est ce qui explique comment des ponts de 24 mètres (portée maxima de ces poutres) simplement boulonnés, ne prennent que des flèches maxima de 3 à 4 centimètres, sous les charges d'épreuve.

Les extrémités des poutres sont formées à l'aide de *demi-éléments de culée*, munis d'une base assez large pour servir d'appui en reposant directement sur le sol.

1097. Pièces de pont. — Les poutres ainsi constituées sont maintenues à l'écartement de 3 mètres au moyen de *pièces de pont* en double T de 175 millimètres de hauteur et de 80 millimètres de largeur d'ailes, qui s'appuient sur les goussets inférieurs des éléments triangulaires ; ces pièces de pont sont fixées aux montants du triangle à l'aide de boulons ordinaires (fig. 559).

Afin d'assurer la rigidité de la poutre dans son plan vertical, les pièces de pont se prolongent en dehors des poutres et

permettent de relier, par une cornière formant contrefiche, l'extrémité saillante

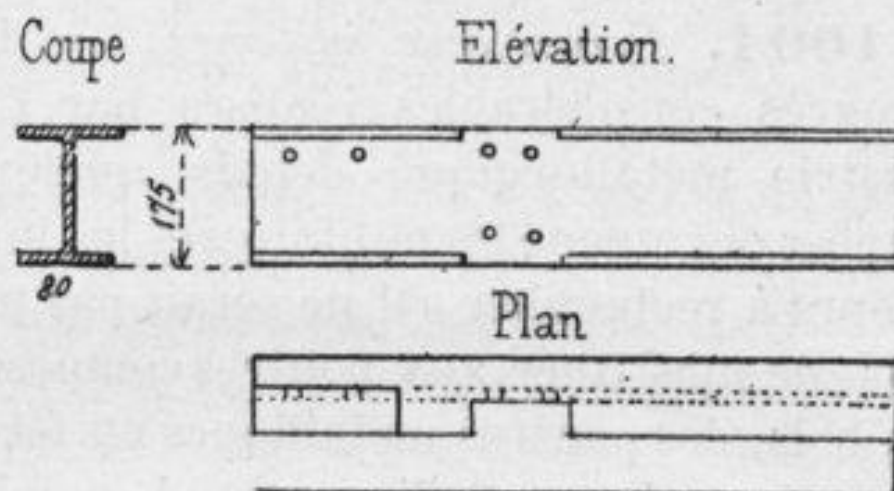


Fig. 559.

de la pièce de pont à la partie supérieure de la poutre.

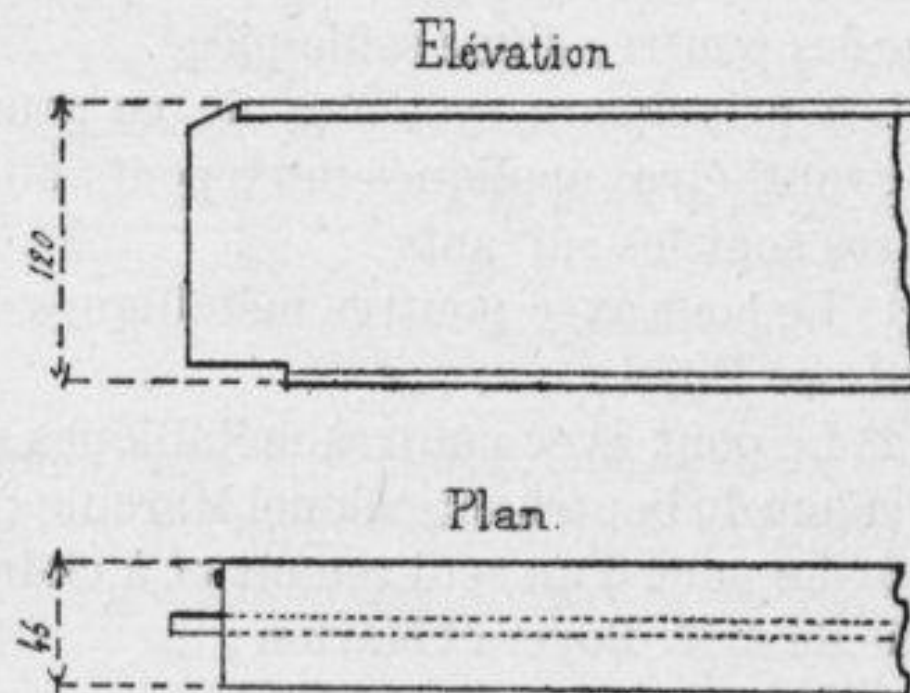


Fig. 560.

1098. Longérons. — Les pièces de

pont sont réunies par cinq files de *longerons* savoir :

Un *longeron central*, en double T, de 120 millimètres sur 46 millimètres (*fig. 560*).

Deux *longerons intermédiaires*, en double T, de 180 millimètres sur 53 millimètres, qui sont placés sous le chemin des véhicules qui doivent franchir le pont et qui servent en outre au roulement du pont sur ses galets de lançage (*fig. 561*).



Fig. 561.



Fig. 562.

Deux petits *longerons de rive* en fer, de 80 millimètres de hauteur, qui servent d'appui aux extrémités des madriers de platelage (*fig. 562*).

En vue de réduire autant que possible le nombre de boulons à poser sur place,

l'assemblage des longerons sur les pièces de pont s'effectue en laissant glisser les longerons dans une simple rainure créée par deux équerres fixées sur les pièces de pont.

1099. Contreventement horizontal. — La rigidité transversale est assurée par un *contreventement horizontal*, composé de bandes plates de 60 millimètres de largeur sur 8 millimètres d'épaisseur, s'attachant sur des équerres fixées aux pièces du pont.

Enfin, le pont se complète par la pose d'un *platelage* ou couverture, formé de planches de 0^m,04 d'épaisseur et de 3 mètres de longueur, posées transversalement sur les longerons et par deux guides roues en bois de $\frac{0,10}{0,10}$ environ, posés longitudinalement à 1^m,60 d'écartement, et qui maintiennent les véhicules sensiblement dans l'axe du pont.

1100. Portées. — En résumé le nombre des pièces différentes entrant dans la

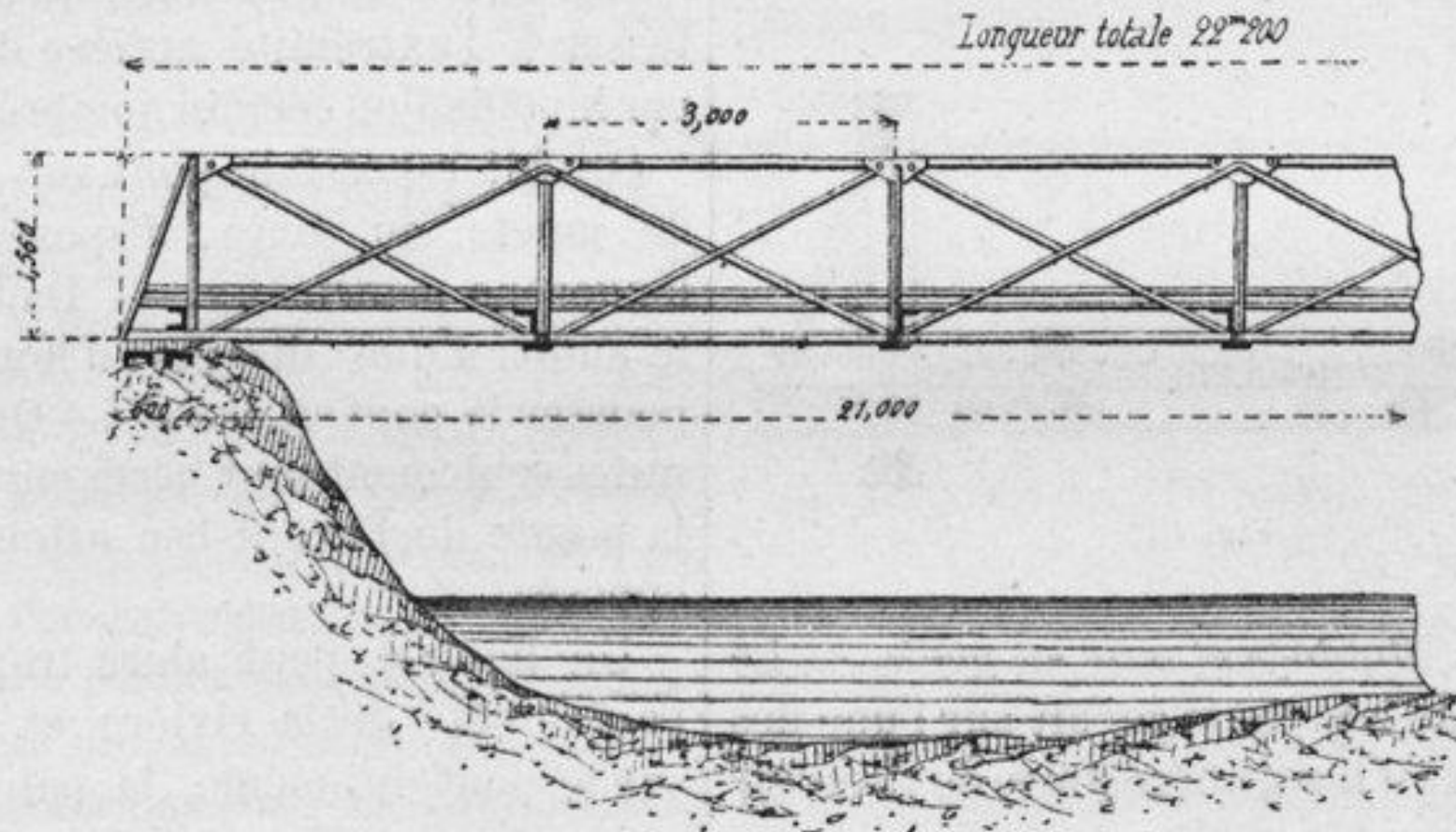


Fig. 563.

composition du pont a été réduit à neuf échantillons seulement, très faciles à distinguer les uns des autres, ce qui rend le montage très simple. Ces pièces restant les mêmes quand la portée du pont varie de 6 à 24 mètres, on peut, avec les mêmes éléments, composer des ponts de longueur

variable suivant l'ouverture à franchir. Ces longueurs peuvent être ainsi de 6, 9, 12, 15, 18, 21 et 24 mètres, c'est-à-dire qu'elles sont des multiples de 3 mètres, qui est la demi-longueur de l'élément courant de 6 mètres.

Dans ces limites de portée; ces ponts sont

capables de supporter le passage de l'infanterie marchant en colonne par file de quatre, ou le passage de l'artillerie avec son matériel de campagne. — A cet effet ils ont 3 mètres de largeur libre et ont été calculés pour supporter, soit une surcharge uniformément répartie de 225 kilogram-

mes par mètre carré, correspondant à 675 kilogrammes par mètre courant de pont, soit une file de voitures à quatre roues pesant 2,300 kilogrammes et traînées par six chevaux, d'un poids de 500 kilogrammes.

La figure 563 donne en élévation et la

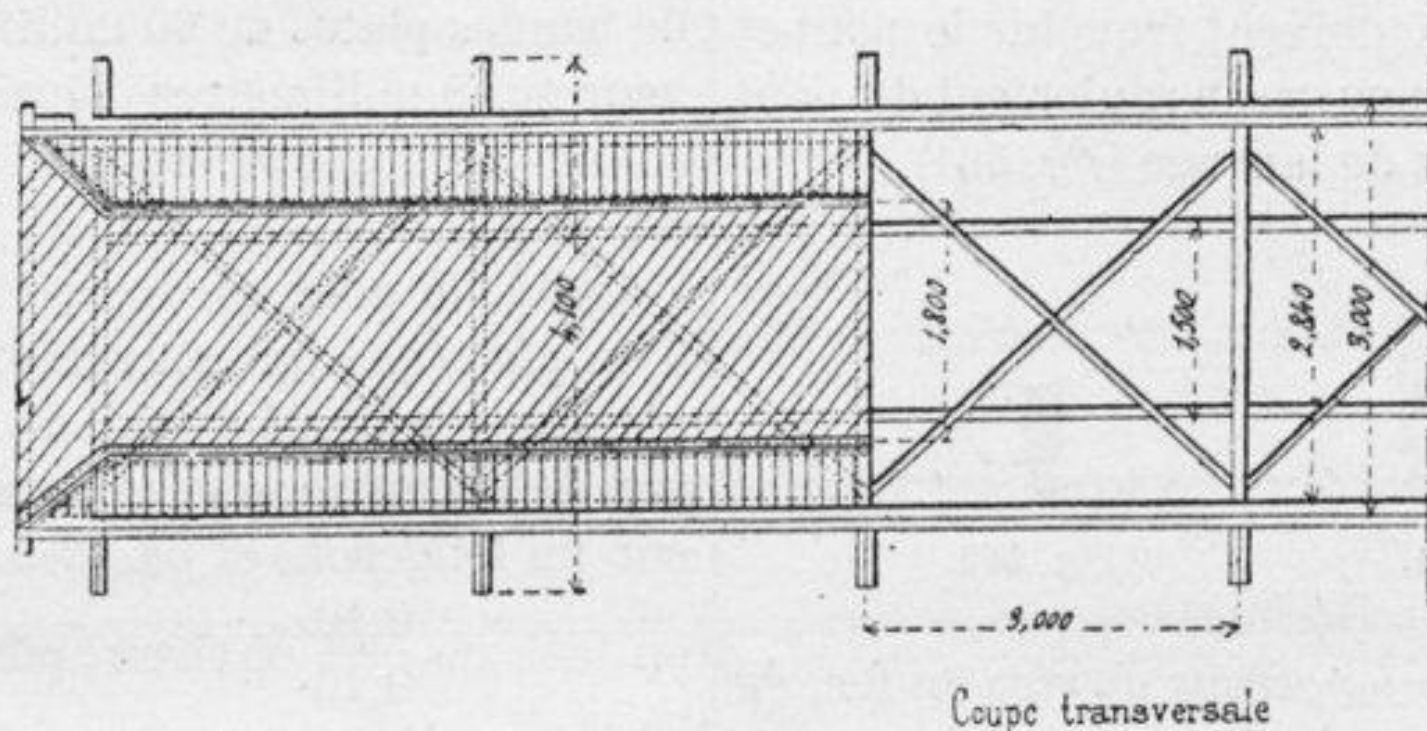


Fig. 564.

figure 564 en plan la vue d'une partie d'un pont monté de ce système.

La figure 565 en représente une coupe transversale.

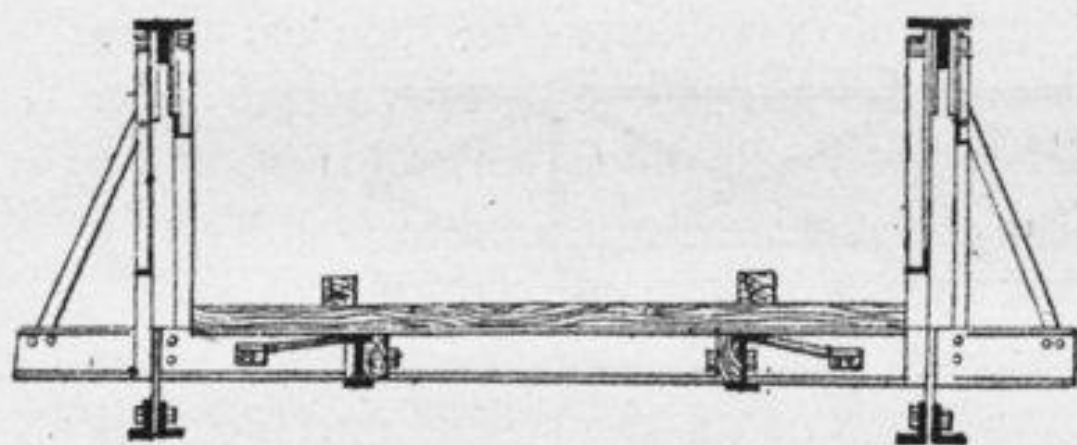


Fig. 565.

1101. Montage et mise en place. — Le montage de ces ponts se fait sur l'une des rives sans qu'il soit nécessaire de franchir préalablement la rivière.

De même, la mise en place peut s'effectuer sans installations spéciales, dans le lit de la rivière et simplement par voie de lançage.

Le pont étant installé sur la rive, perpendiculairement à la rivière au-dessus de laquelle on veut le jeter, on le munit d'un avant-bec à l'avant et d'un contre-poids à l'arrière.

L'avant-bec est constitué par un petit nombre de pièces métalliques spéciales ; le contre-poids est composé simplement par les madriers du platelage, qu'on vient entasser à l'extrémité arrière du pont, ou par le poids d'un certain nombre d'hommes.

On fait reposer le pont sur cinq paires de galets en fonte, disposés sous les longerons principaux. — Dans cet état, il suffit d'une dizaine d'hommes pour pousser le pont en avant. — Quelques minutes seulement sont nécessaires pour que la pointe de l'avant-bec atteigne la rive opposée.

Un homme peut alors transporter de l'autre côté de la rivière, et en passant sur le pont lui-même, la paire de galets qui se trouve dégagée à l'arrière ; il dispose chacun de ces galets sous les parois de l'avant-bec. On continue alors à pousser le pont en avant, et quelques instants après il arrive à sa place définitive.

Il ne reste plus qu'à démonter l'avant-bec et à laisser reposer le pont sur les appuis qu'on lui a ménagés sur le sol même. En raison de la légèreté du pont, ces appuis sont extrêmement simples.

La figure 566 suffira pour faire comprendre la manière dont s'exécute le lançage de ce pont.

Le platelage est composé de madriers de 0^m,04 d'épaisseur, posés transversalement sur les cinq files de longerons.

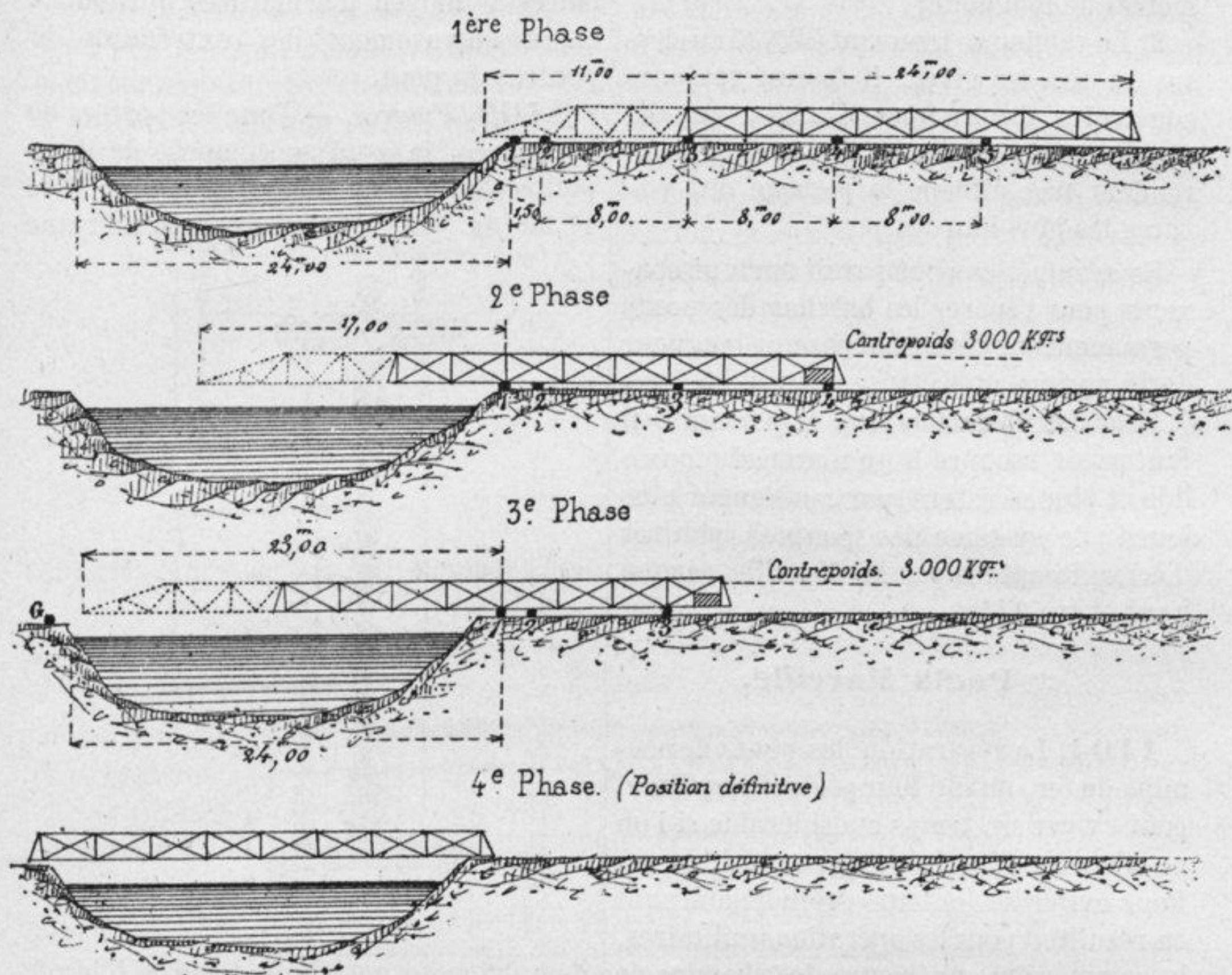


Fig. 566.

1002. Expériences. — Des expériences faites avec un pont du système Eiffel ont permis de constater que, pour un pont de 27 mètres de portée, sur lequel on faisait circuler une file de voitures chargées de 2,300 kilogrammes couvrant toute la longueur du pont et serrées autant que possible, les flèches maxima, prises sous le passage rapide des charges, étaient de 50 à 52 millimètres.

On a fait passer sur le même pont une troupe de soldats par files de quatre, serrées autant que possible, la flèche observée a été de 37 millimètres.

D'autres expériences faites à l'occasion

des manœuvres d'automne de 1885 (pont sur l'Epte, près de Bray, par la 6^e division d'infanterie), ont donné les résultats suivants :

Avec un effectif de 54 soldats du génie, le déchargement du matériel Eiffel (pesant 9,759 kilogrammes et chargé sur six voitures), l'installation des galets, le montage de 24 mètres de pont avec l'avant-bec, le lançage, la descente du pont sur ses culées, le montage de l'avant-bec, la pose des madriers, le guindage et la construction des petites rampes d'accès, ont exigé un total de 3 heures 45 minutes de travail.

1103. Appréciation. — Les inconvé-

nients reprochés au pont du système Eiffel sont les suivants :

1° Le montage et le lançage exigent une aire à peu près plate d'une trentaine de mètres de longueur ;

2° Le tablier se trouvant à 9^m,35 au-dessus du sol des rives, il faudra toujours construire des rampes d'accès, qui deviennent très glissantes en cas de pluie et rendent très difficile le passage des voitures les plus lourdes.

En résumé, ce pont paraît surtout convenir pour réparer les brèches des ponts permanents ne dépassant pas une longueur de 24 mètres.

Pour des obstacles plus importants, il faut avoir recours à un matériel plus solide et plus résistant, par conséquent plus lourd ; le système des ponts à poutres d'acier, imaginés par M. Marcille, répond à cet ordre d'idée.

2° Ponts Marcille.

1104. La réparation des ponts de chemins de fer, quand leur portée est grande, peut exiger un temps considérable si l'on ne dispose que des moyens ordinaires. Pour éviter les lenteurs préjudiciables qui en résultent pour les opérations militaires, la commission supérieure des chemins de fer a adopté le système de matériel préparé à l'avance, dont l'organisation est due à M. le lieutenant-colonel du génie Marcille.

1105. Éléments. — Le matériel de ponts de chemins de fer de campagne se compose par moitié de tronçons de 10 mètres et de 7^m,50, afin de pouvoir servir pour toutes les portées comprises entre 30 et 45 mètres. On pourrait même, avec ces éléments, atteindre une portée maximum de 60 mètres, sans l'emploi de supports intermédiaires ni pour le lancement du pont, ni pour le service. Ces éléments sont complétés par des *bouts* ayant deux longueurs : 1^m,30 et 2 mètres.

Ces bouts ont non seulement pour ob-

jet de faire varier à volonté les portées, mais surtout de permettre d'attacher au pont les engins nécessaires à sa mise en place, et aussi de résister à la réaction des culées au moyen d'armatures qui empêchent l'écrasement des extrémités de poutres du pont.

1106. Poutres. — Pour les portées de 10 mètres, le pont se compose de deux poutres en tôle en forme de double T de 1^m,50 (*fig.* 567). Chacune comprend : une

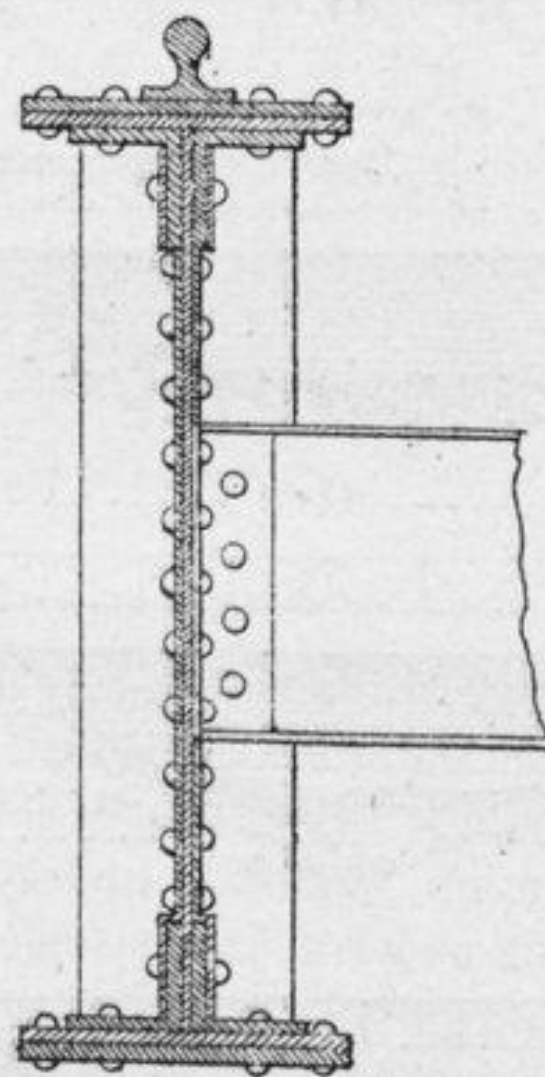


Fig. 567.

âme pleine, formée d'une lame de tôle verticale de 0^m,08 d'épaisseur ; de deux *semelles* ou tables horizontales de 0^m,50 de largeur, formées chacune de trois épaisseurs de tôle de 0^m,013 ; enfin de quatre *cornières*, reliées deux à deux sur l'âme et sur les semelles. Au-dessus du type de 30 mètres, les poutres ont 1^m,20 de hauteur pour le pont de 20 mètres, et de 0^m,60 pour le pont de 10 mètres.

Pour le pont de 45 mètres, elles ont 2^m,20 de hauteur et leurs semelles sont larges de 0^m,60. Les divers tronçons de ces poutres sont réunis par des boulons, de manière que les éléments de même nature puissent se substituer à volonté, sans que les nombreux trous des boulons cessent de se correspondre exactement, pourvu

qu'on ait soin de tourner vers l'intérieur la face destinée à recevoir les liens et entretoises qui assurent le contreventement.

Pour obtenir ce dernier résultat, les deux poutres sont réunies transversalement par une entretoise boulonnée sur elles et qui consiste en une poutre en double T de 0^m,50 de hauteur (fig. 568). Enfin, pour

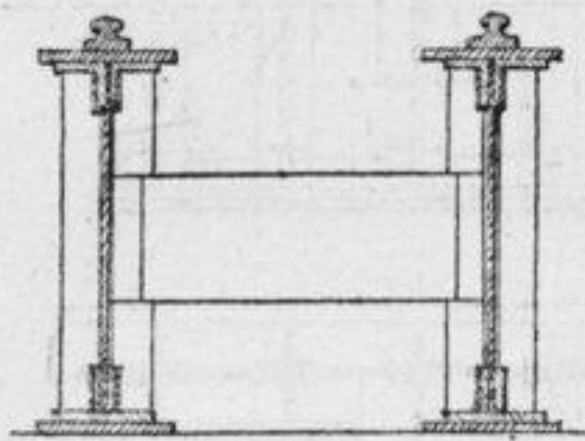


Fig. 568.

raidir les lames de tôle qui forment l'âme

des poutres principales, on y rive, à distances rapprochées, des nervures verticales.

1107. Assemblage. — L'assemblage des éléments entre eux et avec les entretoises, liens et consoles, se fait sur place, par voie de juxtaposition, uniquement au moyen de couvre-joints exactement repérés que l'on fixe au moyen des boulons.

Les figures 570 et 571 donnent une élévation et des coupes de ce système de ponts, d'après la *Révista di Artiglieria e Genio* de mai 1885.

Selon les circonstances, les rails reposent sur les faces supérieures des poutres, qui sont alors distantes de 1^m,52 d'axe en axe (voie unique); ou bien les trains passent entre les deux poutres, qui sont alors écartées de 4^m,20 d'axe en axe, et les rails reposent sur un poutrage métallique fixé

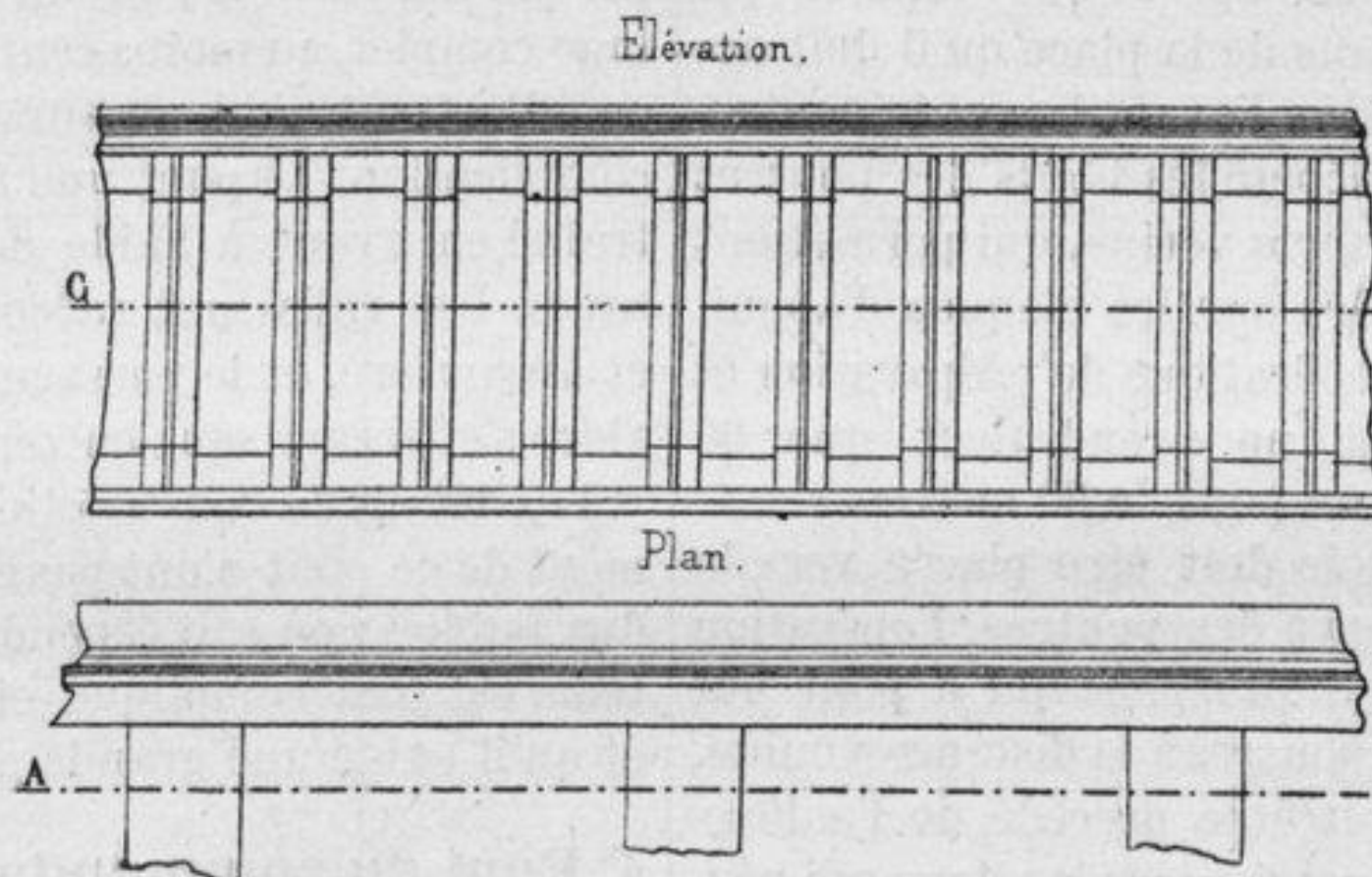


Fig. 569.

vers la partie inférieure de ces poutres. Celles-ci peuvent recevoir rapidement un tablier en bois, permettant le passage des colonnes de troupes (y compris l'artillerie et les voitures), sans entraver le passage des trains.

Presque tout ce matériel est en acier doux, non trempé; il peut supporter sans se rompre une charge de 52 kilogrammes par millimètre carré. Le mètre courant

du pont de 30 mètres ne pèse guère que 1,000 kilogrammes pendant le transport et ne revient qu'à 800 francs. Il en résulte que l'élément de 10 mètres est encore suffisamment maniable. Une fois en place avec le tablier, le pont pèse 1,357 kilogrammes par mètre courant si la voie est supérieure, et 1,531 kilogrammes si elle est inférieure.

1108. Mise en place. — La mise en

place s'effectue comme pour le pont Eiffel, par porte-à-faux, à l'aide d'un avant-bec à l'avant et d'un contrepoids à l'arrière (n° 1101).

On a eu soin, au préalable, de préparer les lèvres de la brèche, en scellant au ciment des plaques d'appui en fer.

Lorsque les rails sont à la partie supé-

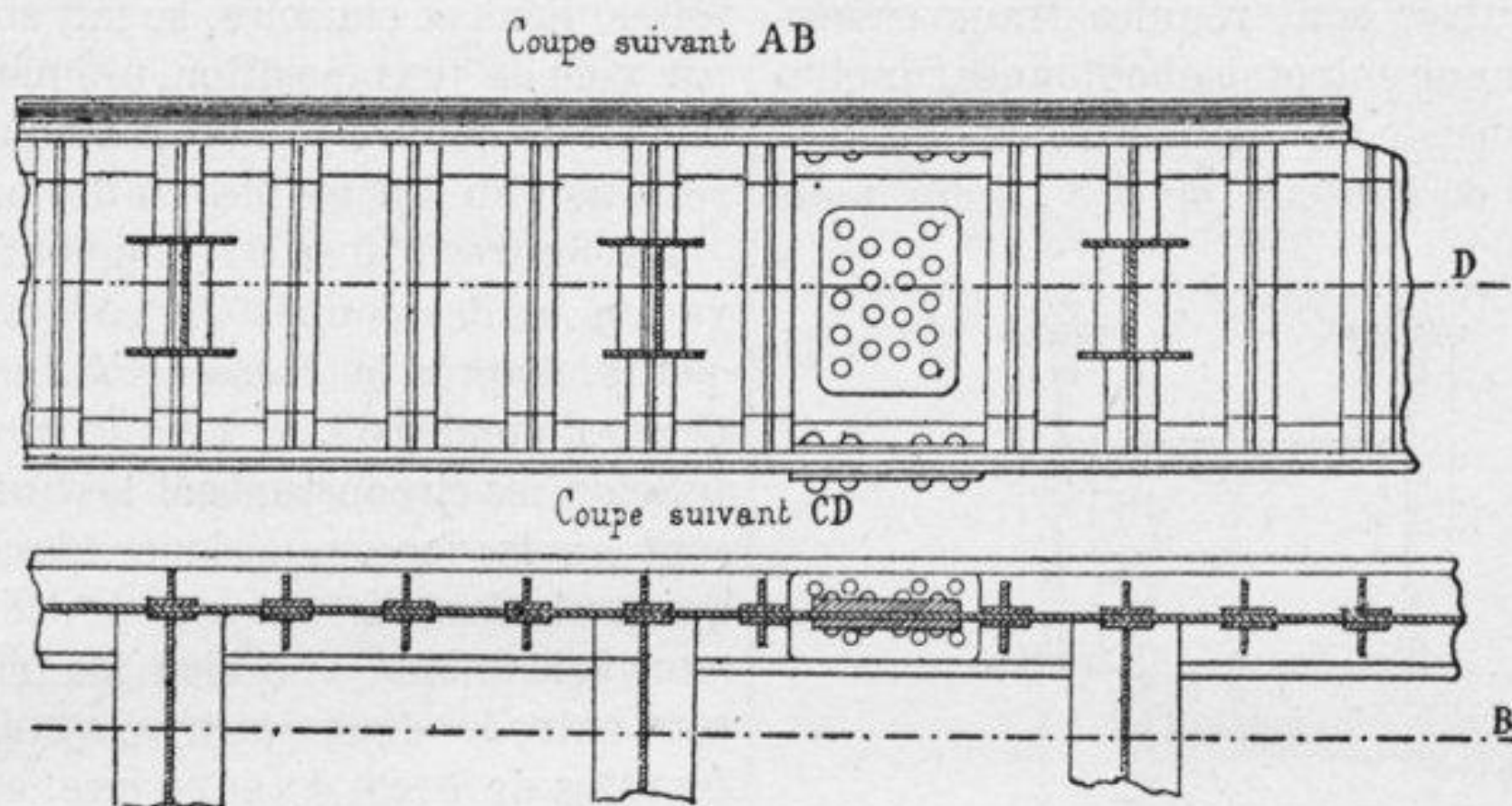


Fig. 570.

rieure du pont, après que celui-ci est arrivé au-dessus de la place qu'il doit occuper, on enlève l'avant-bec et le contrepoids ; on supporte les bouts des poutres au moyen de forts vérins, qui permettent de les descendre sur les plaques d'appui. Ces diverses opérations de préparation et de lancement ne prendraient que 60 heures pour un pont de 30 mètres.

Quand la voie doit être placée vers la partie inférieure des poutres, l'opération se complique d'un *ripage* qui a pour but d'écarter les poutres à la distance voulue. Ce ripage doit être précédé de l'enlèvement des entretoises et des liens qui réunissaient les poutres, et suivi de l'installation, entre celles-ci, d'un poutrage plus compliqué. Dans ce cas, il faudrait trois jours et demi pour l'installation d'un pont de 30 mètres.

3° Pont Boyer et Marion.

1109. Le pont dont MM. Boyer et Marion sont les inventeurs mesure 66 mètres de long, d'un seul tenant et est à claire-voie. Il se monte et se démonte également

par parties ; il faut pour en opérer le montage complet, au moins cent vingt heures, en admettant qu'il ne survienne aucune complication. Le pont une fois monté, est trainé en avant à l'aide de treuils puissants. Les rails sont raccordés en avant et en arrière, et le passage du train peut alors s'effectuer sans encombre.

Les détails de construction et d'agencement de ce pont n'ont pas encore été rendus publics : on sait cependant que ce système est très compliqué et très coûteux, et qu'il exige une grande précision.

4° Pont du commandant Henry (1)

1110. Éléments. — M. le commandant du génie R. Henry, a fait breveter, en 1880, un dispositif de charpente réticulée, à mailles triangulaires identiques et invariables, destinée à la construction ou à la réparation des ponts militaires et de divers ouvrages d'art en campagne.

(1) Les indications concernant les ponts Henry et Cottrau, sont extraites de la *Revue italienne* précitée, et des *Nouvelles Annales de la construction*, livraisons de septembre et de novembre 1884.

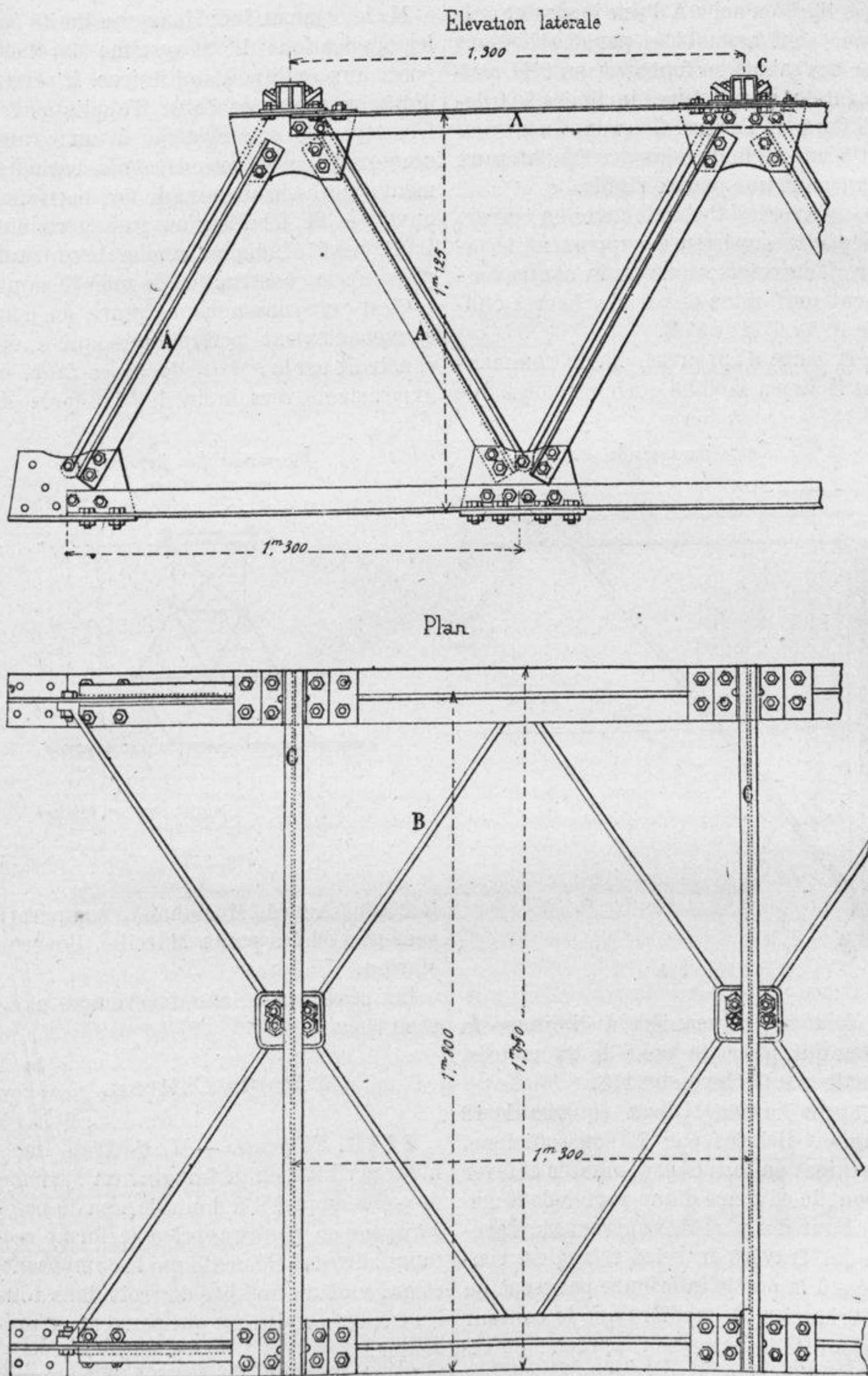


Fig. 571.

Les tiges en acier A d'une longueur uniforme, sont assemblées par des boulons dans des sabots en fonte ou en tôle, présentant deux ouvertures inclinées à 60 degrés l'une de l'autre. Ce groupement conduit à une série de triangles équilatéraux constituant une poutre rigide.

Des traverses C, boulonnées en travers à la partie supérieure supportent le tablier. L'entretoisement et le contreventement sont obtenus par des barres obliques B (fig. 571 et 572).

A la suite d'épreuves, M. le commandant Henry a modifié quelques détails de

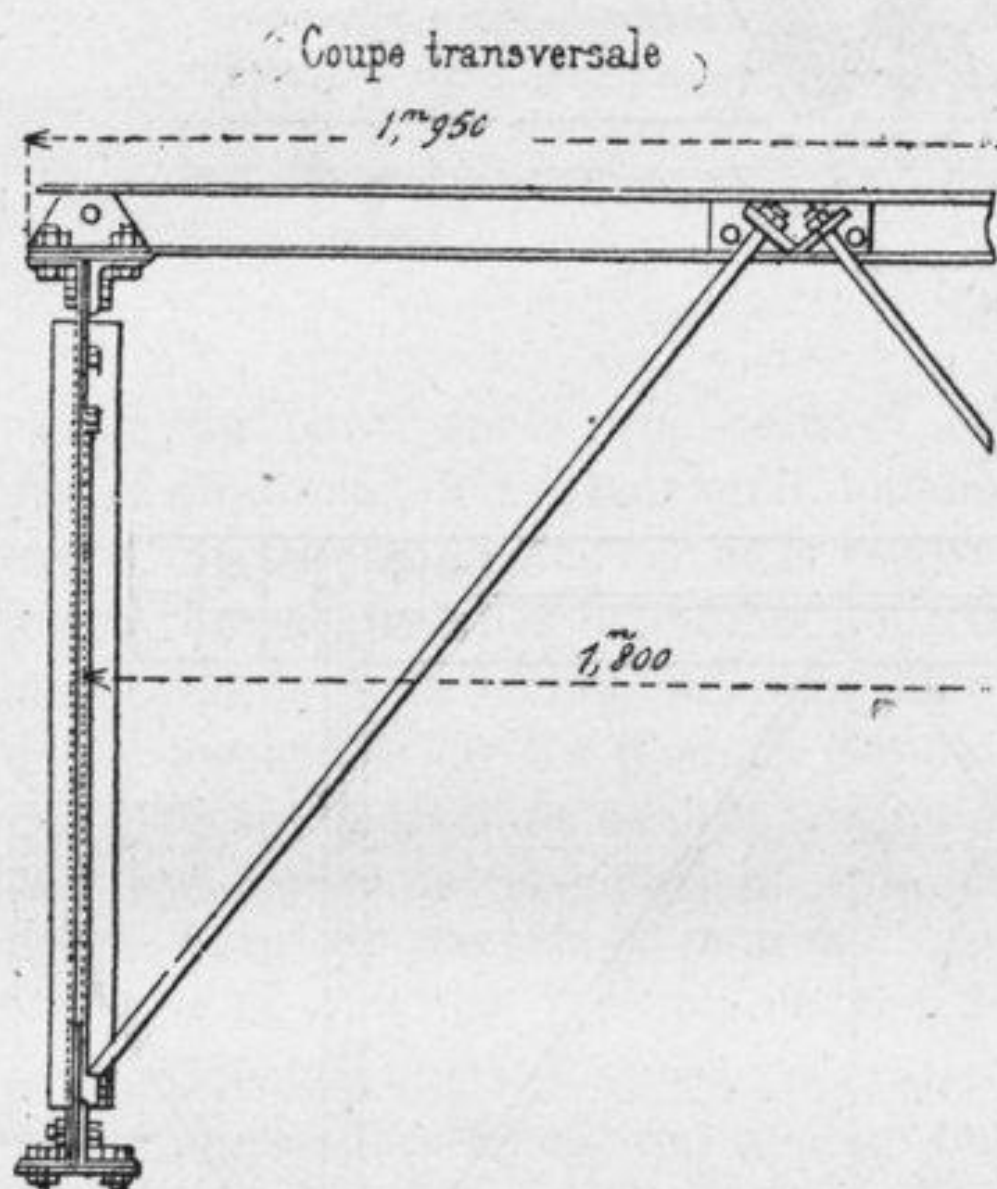


Fig. 572.

son système, de manière à diminuer la flexion qui, pour un pont de 22 mètres, donnait une flèche de 0^m,176.

D'après l'auteur, deux équipes de 12 hommes, dirigées par 2 sous-officiers, pourraient en huit heures monter et lever un pont de ce genre d'une portée de 25 mètres. Pour des portées supérieures, il propose des travées de seize triangles, renforcées à la partie inférieure par sept ou neuf triangles, de manière que le contour inférieur de la ferme se rapproche de celui du solide d'égale résistance.

M. le commandant Henry ne limite pas les applications de ce système de charpente aux seuls ponts militaires. Il revendique au contraire l'idée d'appliquer les fermettes de son système à un grand nombre de constructions, abris, baraquements, gares de chemins de fer, batteries, ouvrages de fortification passagère, etc. La figure 573 indique l'emploi de ce triangle pour la construction de piles de pont.

C'est, croyons-nous, ce genre de pont convenablement perfectionné qui a été construit par la société de *Fives-Lille*, et expérimenté vers la fin de 1885 près de

Diagramme d'un dispositif pour piles de pont

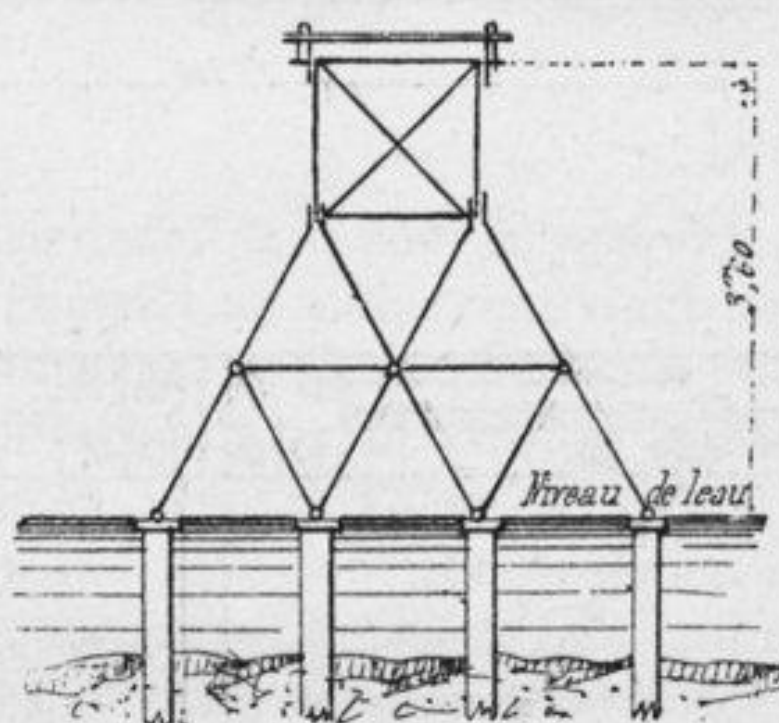


Fig. 573.

Roc-Saint-André (Morbihan), comparativement avec les ponts Marcille, Boyer et Marion.

Les résultats de ces expériences n'ont pas été publiés.

5° Ponts Cottrau.

1116. Eléments. — M. Cottrau, ingénieur civil italien, a imaginé un système de ponts auquel il a donné le nom de *polytétraonaux*, pour rappeler la forme rectangulaire des éléments qui le composent, et qui sont au nombre de trois dans tous les cas ou conditions qui peuvent se présenter.

Le premier de ces éléments A (fig. 574)

est un châssis de forme rectangulaire renforcé par une croix de Saint-André placée dans le sens des diagonales.

L'élément B, ou *plate-bande* est représenté dans la figure 575.

Le troisième élément C (fig. 576) est un *couvre-joint*.

Pour relier ces éléments entre eux il faut des boulons qui sont représentés figure 577 avec les rondelles et les ferru-

res qui en forment le complément. Au moyen de l'union des éléments A selon le sens longitudinal ou transversal de leur accouplement, par deux, par quatre, par six et de leur renforcement par les couvre-joints et les plates-bandes, M. Cottrau obtient soixante-dix-huit combinaisons diverses de ponts, depuis la passerelle pour les piétons, jusqu'au pont de chemin de fer capable de résister au pas-

Element A

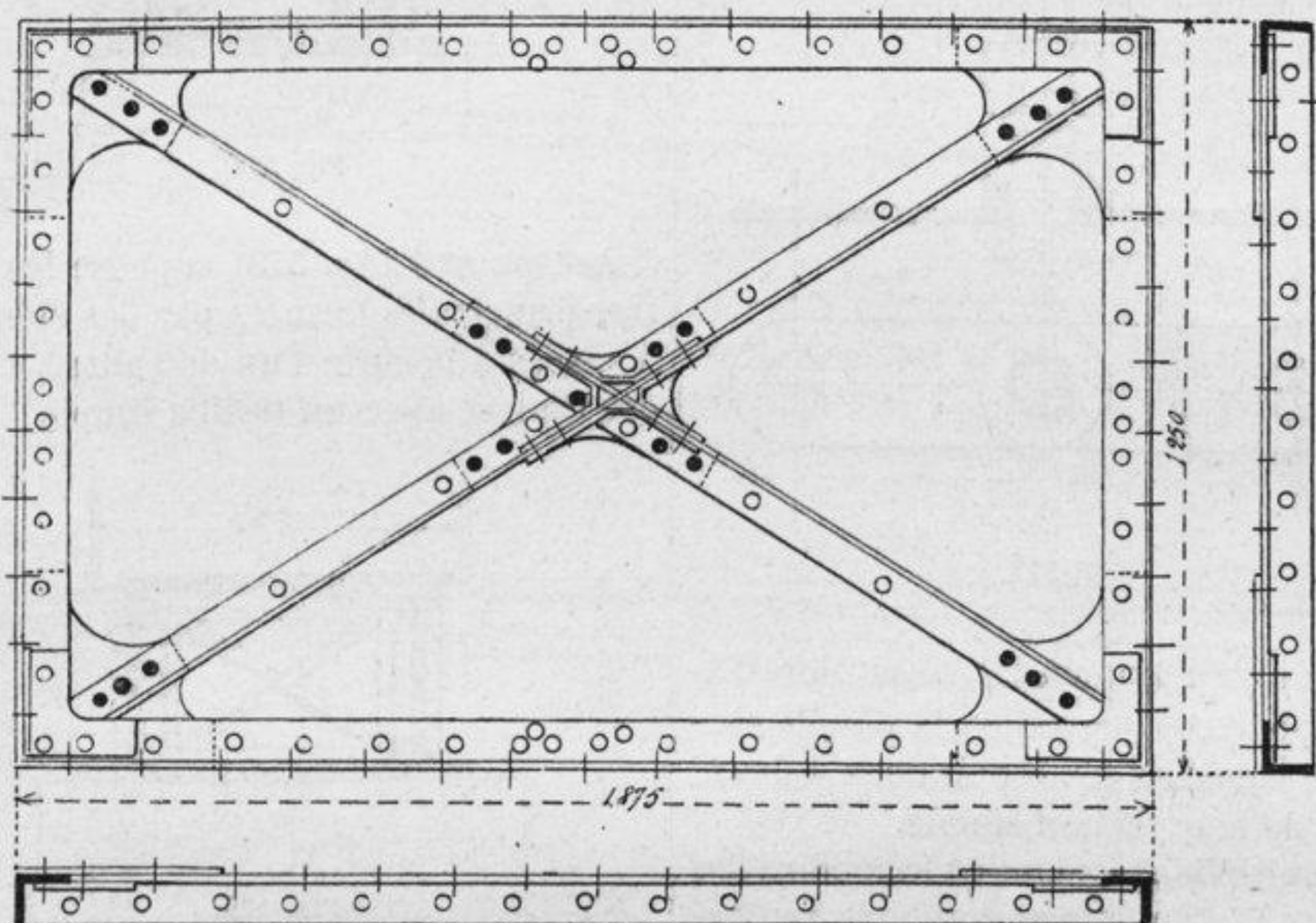


Fig. 574.

sage des trains les plus pesants et ayant 65 mètres de portée. Dans ces conditions le système Cottrau pourrait être dénommé système universel de ponts métalliques fixes et portatifs.

dire qu'ils sont facilement transportables et maniables à bras. D'un autre côté, l'ingénieur ou l'officier qui sera chargé de composer un pont de ce système, pour une ouverture ou une largeur quelconque,

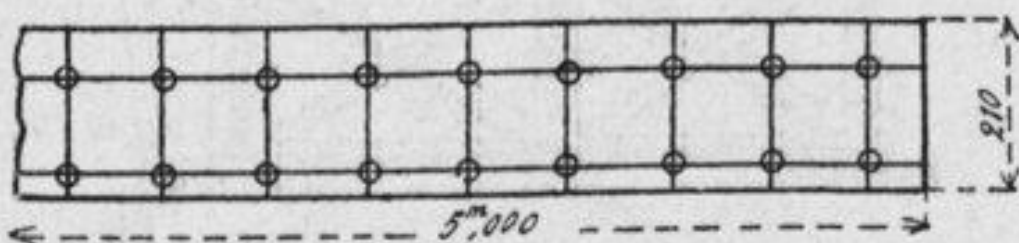


Fig. 575.

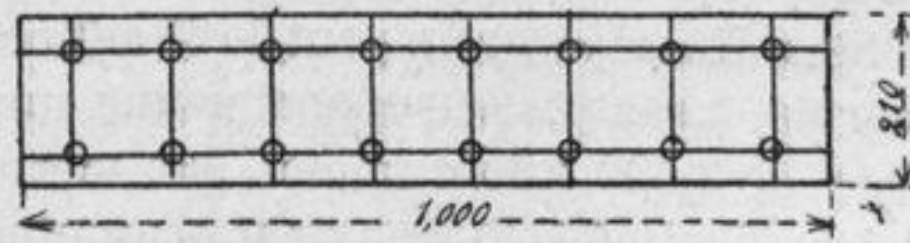


Fig. 576.

Les éléments A. B. C. pèsent respectivement 100, 47 et 10 kilogrammes, c'est-à-

pourra toujours l'obtenir en augmentant et en combinant convenablement ces trois

éléments. On peut arriver aussi à réduire le travail du métal à 10 kilogrammes ou même à 5 ou 6 kilogrammes par millimètre carré de section. Il faut noter également que, dans tous les cas, les *pièces de pont* (poutrelles) peuvent toujours être renforcées quand, par exemple, on veut faire passer sur le pont de grosses pièces d'artillerie, ou des véhicules avec des

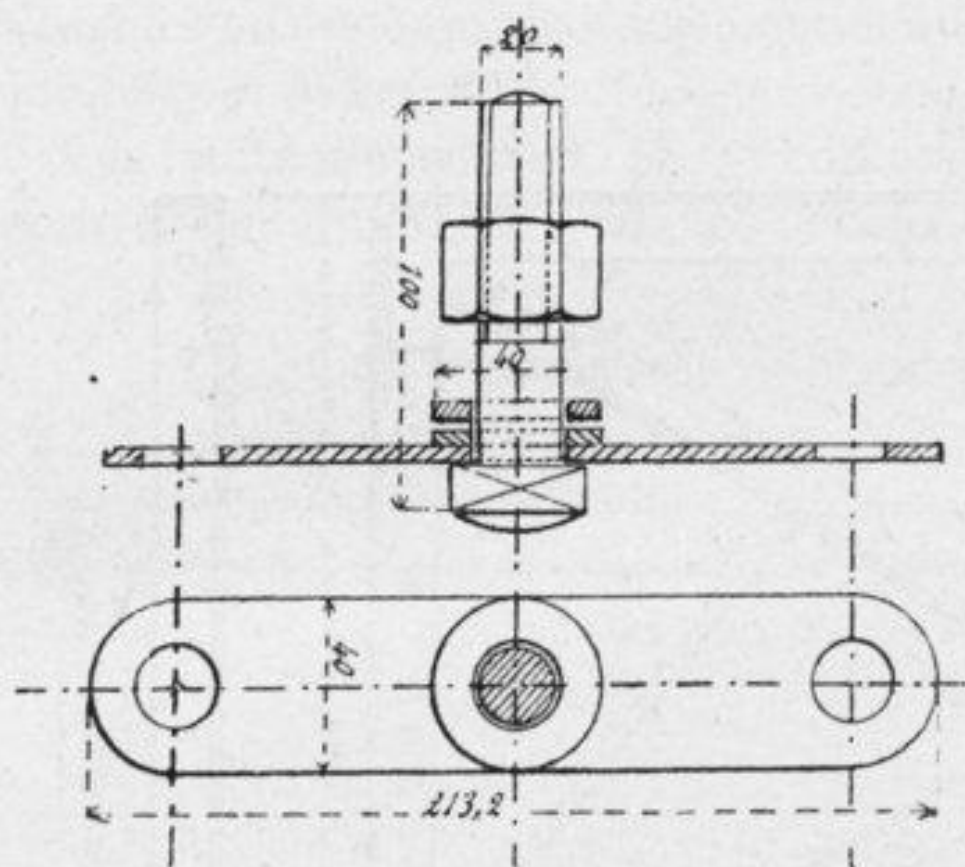


Fig. 577.

charges exceptionnelles. Il suffit alors d'adopter pour ces poutrelles, la double section des éléments A accolés deux à deux, au lieu de leur section simple.

En multipliant également le nombre des éléments C, l'on pourra toujours renforcer, jusqu'à la limite voulue, la section résistant à l'écrasement sur les appuis, ou l'attache des poutrelles aux poutres principales. De même, par l'addition d'autres éléments B, on pourra, s'il le désire, obtenir une plus grande résistance (moment d'inertie), aussi bien pour les poutres principales que pour les poutrelles. On est arrivé ainsi à composer un pont de 65 mètres de portée, capable de supporter une surcharge de 3,500 kilogrammes par mètre linéaire. Toutefois il convient d'ajouter qu'aucune expérience n'a été faite pour confirmer l'exactitude des calculs purement théoriques établis pour les grandes portées.

Le système Cottrau est destiné à être employé aussi bien sur les routes que sur les chemins de fer.

1112. Ponts sur route. — Nous allons indiquer quelques applications du système, avec poutres principales de 1^m,25 de hauteur, à des ponts pour routes ordinaires.

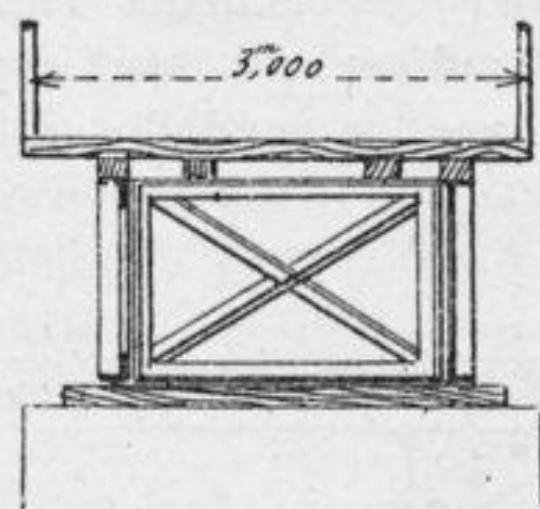


Fig. 578

Le type n° 1 (fig. 578) suppose les poutres principales formées par des éléments A placés à la suite l'un de l'autre, et par conséquent avec un treillis simple.

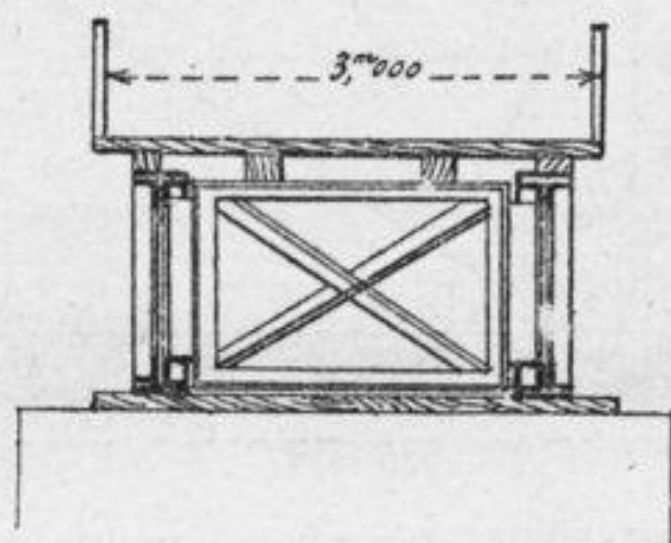


Fig. 579.

Le type n° 2, avec treillis double, compose chaque poutre maitresse de deux files d'éléments A placés dos à dos ou bien su-

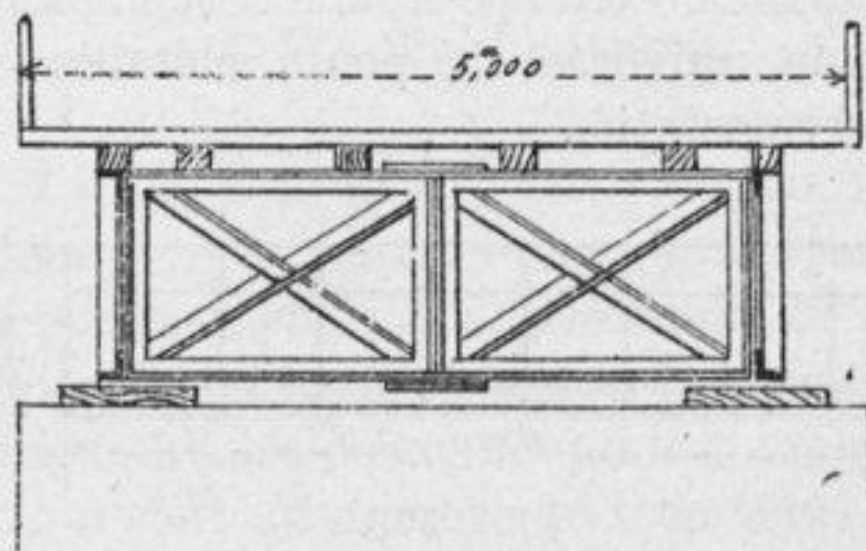


Fig. 580.

perposés latéralement, en les déplaçant

longitudinalement d'un demi-élément (*fig. 579*). Pour ces deux types, on admet une largeur de 3 mètres, suffisante pour le passage d'un véhicule quelconque.

Le type n° 3 (*fig. 580*) est une variante des deux précédentes, pour le cas d'une largeur de 5 mètres à donner à la travée, largeur qui pourrait même être portée à

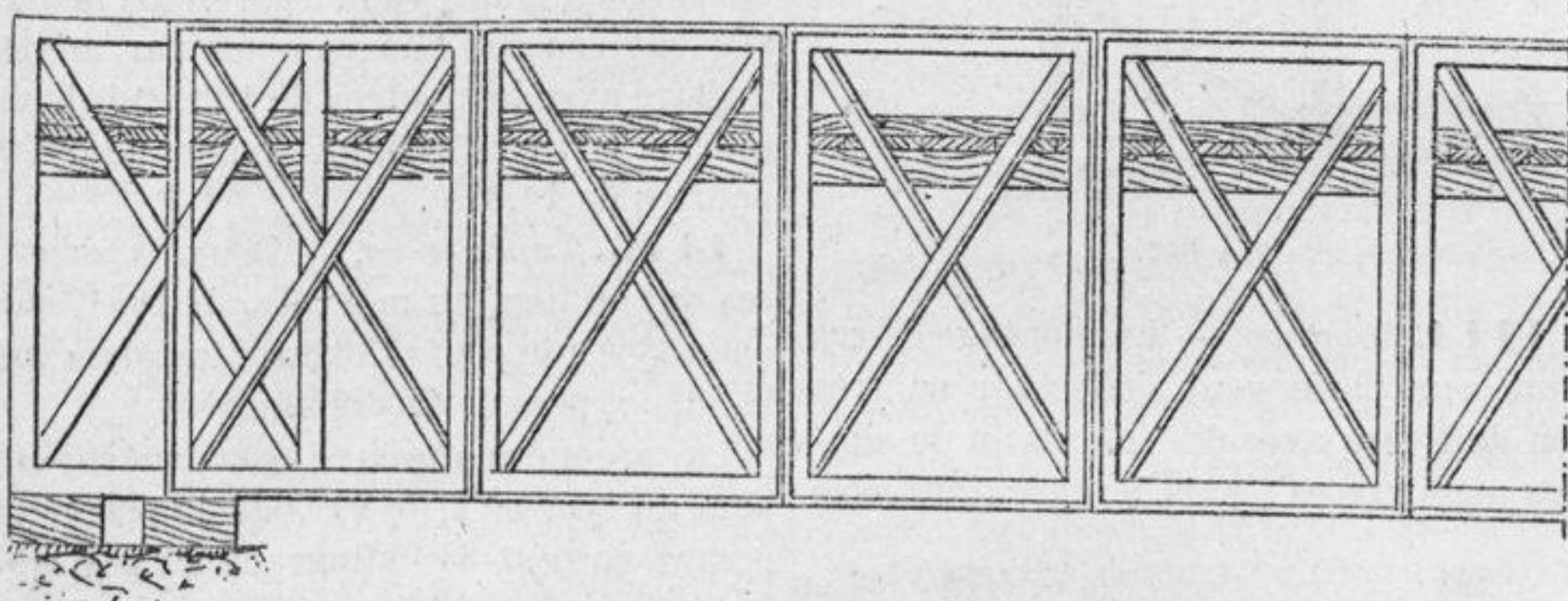


Fig. 581.

7 mètres, en formant les poutrelles au moyen de trois éléments A au lieu de deux.

Les figures 581 et 582 donnent une vue d'ensemble d'un pont que M. Cottrau propose comme le type du pont militaire et

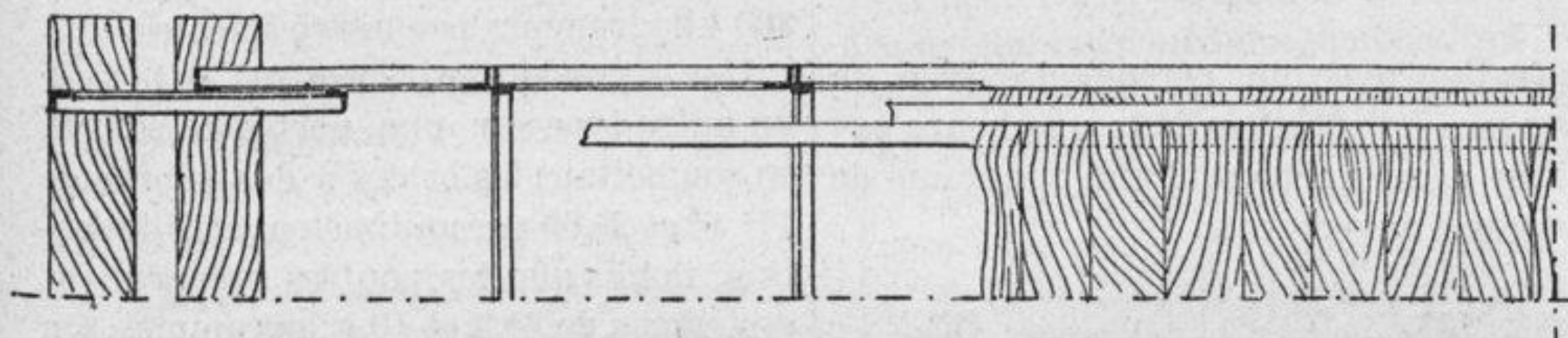


Fig. 582.

dont la coupe transversale est donnée dans la figure 583.

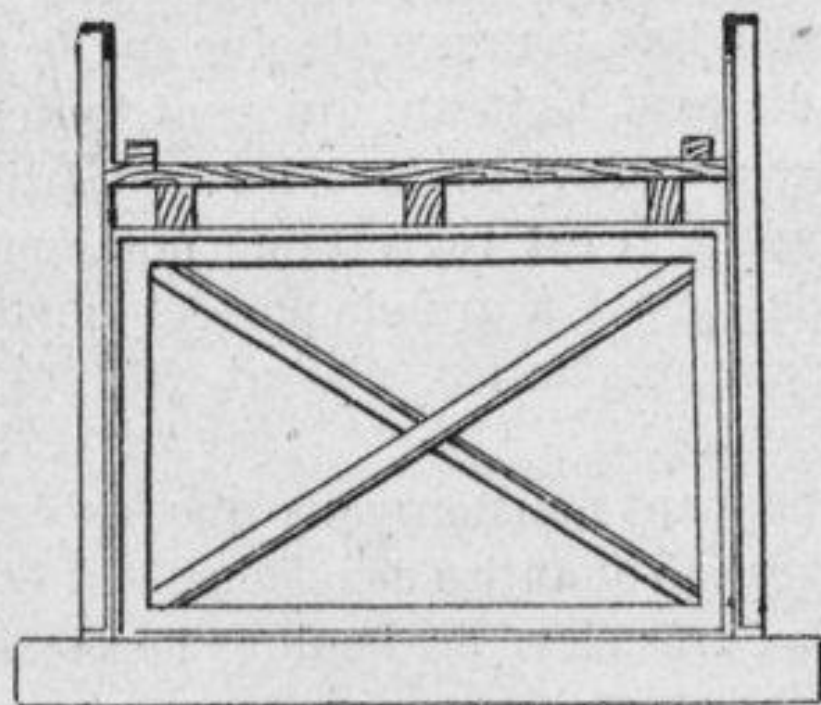


Fig. 583.

Les figures 584 à 585 représentent les dispositions projetées pour des ponts de chemins de fer. Comme il ne paraît pas que des applications en grand de ce système

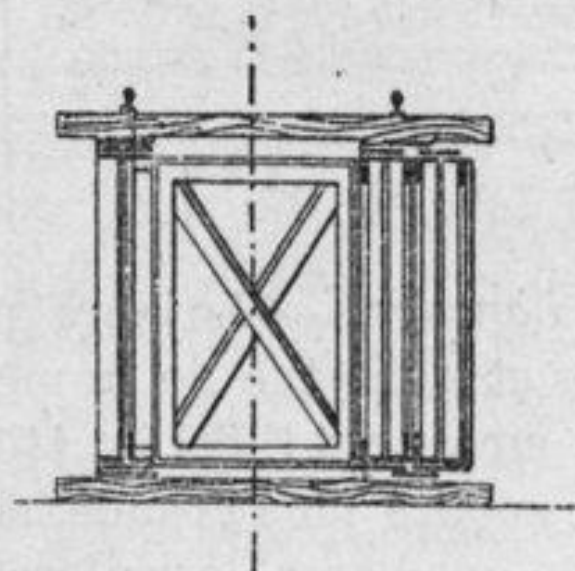


Fig. 584.

1113. *Ponts pour chemins de fer.* —

aient été faites jusqu'à présent, on ne peut

savoir exactement à quoi s'en tenir sur sa valeur pour ce cas.

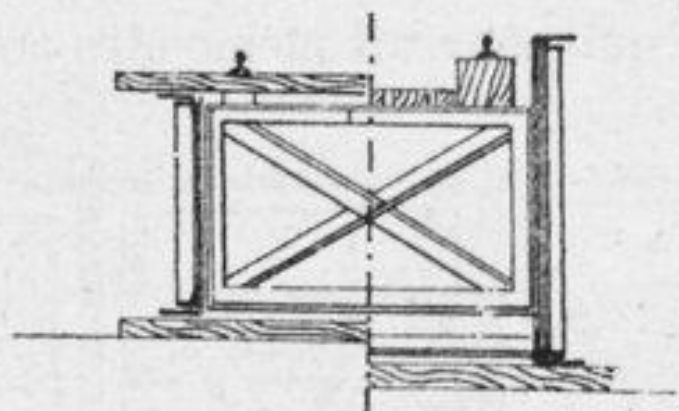


Fig. 585.

1114. Montage. — Le montage de ces ponts sur place peut s'effectuer en très peu de temps avec des soldats ou de simples manœuvres ; mais, en exécutant cette

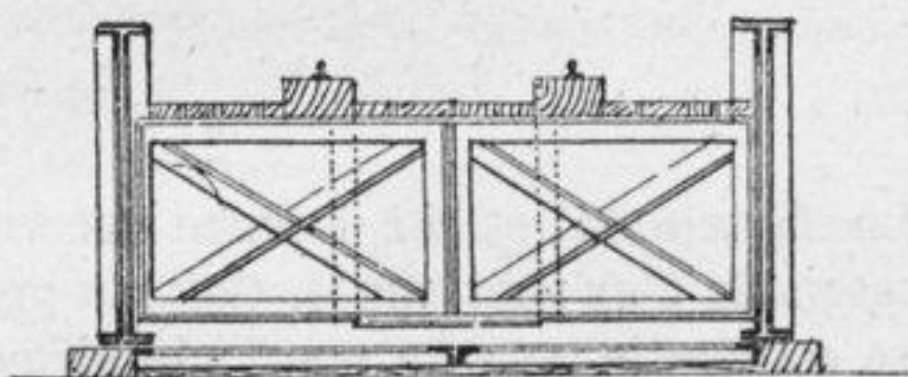


Fig. 586.

opération avec un personnel exercé, on arrivera à l'effectuer dans une heure environ pour un pont d'une vingtaine de mètres d'ouverture.

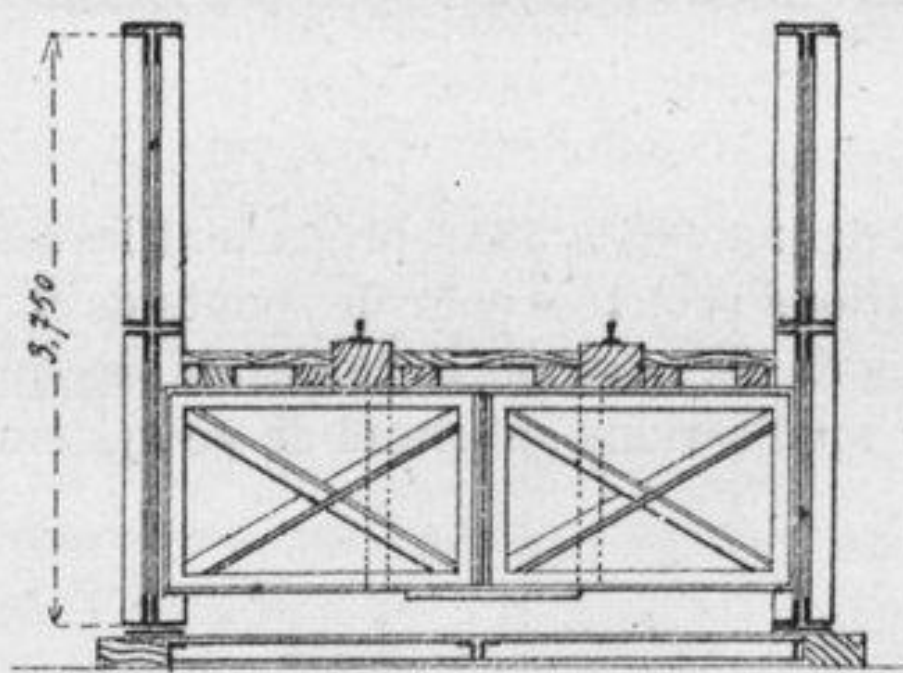


Fig. 587.

1115. Lançage. — Le lançage est des plus faciles et s'effectue de la même manière que pour le pont Eiffel (n° 1101), mais avec une rapidité plus grande, en raison de la faculté que l'on a de renforcer après coup les éléments mis en place, ou de doubler les sections en arrière de la partie lancée (en porte à faux). On peut même

arriver, en ajoutant successivement des éléments en arrière, à n'avoir pas besoin d'autre-contrepois.

Dans tous les cas, celui-ci est relativement insignifiant, vu la légèreté de la travée (environ 200 kilogrammes par mètre linéaire avec les poutres de 12^m,50 de hauteur, et environ 300 kilogrammes pour des poutres de 1^m,875).

1116. Expériences. — Deux expériences ont eu lieu, au mois d'août 1884, sur deux types de ponts Cottrau, installés sur le Sarno, près de Castellamare.

La première épreuve eut lieu sur un pont du type n° 1, de 20^m,625 de portée et pesant en tout 440 kilogrammes par mètre linéaire de tablier, rails, platelage et parapets ; on y ajouta une surcharge d'épreuve de 400 kilogrammes par mètre courant. La flèche produite fut de 0^m,029, et elle mesura 0^m,043 dans une seconde épreuve où la surcharge fut portée à 800 kilogrammes par mètre linéaire.

Une seconde expérience fut faite avec un autre type sur une portée de 20^m,50, en soumettant les brides à des efforts de 17^k,6^k et 2^k,09 par millimètre carré de section, tandis que les poutres supportaient des efforts de 6^k,5 et 10 kilogrammes. On constata qu'il ne se produisit aucune déformation.

1117. Application. — Les expériences faites n'ont pas été assez nombreuses ni assez concluantes pour pouvoir se prononcer d'une manière absolue sur le mérite du pont Cottrau, qui peut toutefois rendre des services dans les applications courantes. Il est regrettable notamment que des ponts à grande portée, surtout pour chemins de fer, n'aient pas été expérimentés.

Cependant nous croyons que, eu égard à la grande quantité des éléments A et au nombre très élevé de boulons nécessaires pour les assemblages, en tenant compte également de la fréquence de ces derniers, on peut concevoir des doutes sur la rigidité et la solidité du pont.

6° Pont démontable et portatif en acier (système Brochocki).

1118. Conditions. — L'inventeur de ce système, ancien officier du génie russe, actuellement ingénieur civil, s'est imposé les conditions suivantes :

1° Toutes les pièces composant la charpente doivent être rectilignes, ne pas dépasser 4 mètres de longueur ni le poids de 125 à 140 kilogrammes, de manière à être maniables à bras d'hommes et transportables, au besoin, à dos de mulet ;

2° L'assemblage des pièces entre elles doit être fait au moyen d'articulations, en supprimant complètement l'emploi des boulons qui présentent divers inconvénients, savoir : les filets des pas de vis sont souvent détériorés pendant le démontage et le transport, ce qui peut empêcher le fonctionnement de l'écrou ; quelques boulons peuvent être omis ou insuffisamment serrés, ce qui peut amener des désastres irréparables ;

3° Le nombre de types des pièces principales composant la charpente du pont est réduit à trois : la *poutrelle*, l'*entretoise*, la *barre de contreventement*.

1119. Éléments. — La *poutrelle* (fig. 588) consiste en un tube creux en acier, présentant à ses extrémités des têtes à œils, dont l'ouverture correspond au diamètre des chevilles des traverses. Ces poutrelles, toutes semblables, sont destinées à composer les deux poutres de rive du pont, et à servir de longerons pour supporter le platelage.

L'*entretoise* ou *traverse* (fig. 589) se compose d'un tube creux en acier de même section que la poutrelle, et muni, dans le sens de sa longueur, d'un certain nombre de chevilles rivées, qui vont se loger lors de la pose, dans les œils de poutrelles et sont ensuite fixées au moyen de rondelles serrées par des clavettes.

La *barre de contreventement* (fig. 590) est formée de deux barres à crochet articulées

sur une pièce munie d'une vis de rappel permettant le serrage.

1120. Constitution du pont. — Le pont du système Brochocki est constitué au moyen de ces éléments de la manière suivante (fig. 591, 592 et 593) :

Deux poutres de rive sont reliées entre elles, en haut et en bas, par des traverses. Chaque poutre de rive est composée de triangles équilatéraux dont les côtés sont constitués par les poutrelles. Les traverses sont contreventées entre elles par des croix de Saint-André, formées de barres à crochets articulées au centre comme il a été dit plus haut.

Ainsi assemblée, la charpente affecte la forme tubulaire à section rectangulaire, permettant, selon les circonstances, d'établir la voie, soit sur les traverses inférieures, soit sur les traverses supérieures, et l'on a alors un passage dans l'intérieur du tube ou au-dessus.

On complète le pont par la pose des longerons formés, comme il a été dit plus haut, par des poutrelles semblables à celles des poutres de rive, et par la pose du platelage en bois.

Les longerons sont fixés sur les traverses au moyen du système de chevilles et de clavettes décrit précédemment, et le platelage est fixé sur les longerons, comme dans les constructions de ponts ordinaires.

Chaque clavette est attachée à une chaînette auprès de chaque cheville, afin qu'on ne puisse pas la perdre.

Les dimensions données aux différentes pièces de ce pont ont été calculées de manière à leur permettre de résister à l'effort maximum, auquel l'une d'elles sera exposée dans le système. On a été conduit ainsi à donner des dimensions un peu trop fortes aux pièces voisines des rives, puisque l'effort maximum s'exerce au milieu des cordes de chaque poutre de rive ; le surcroît de dépenses qui résulte de cette disposition est d'ailleurs peu important et n'est pas à prendre en considé-

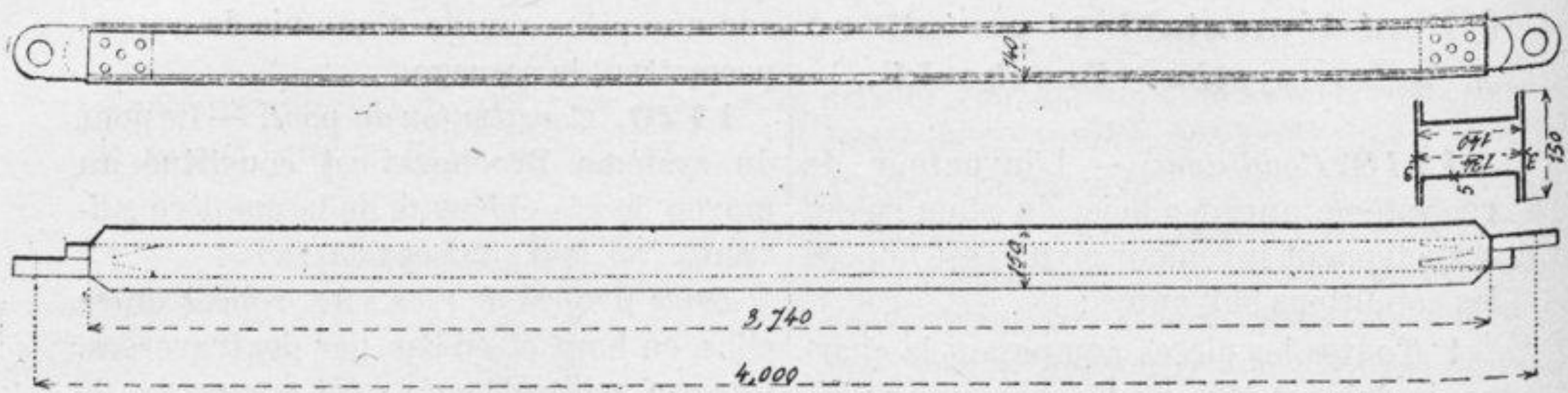


Fig. 588.

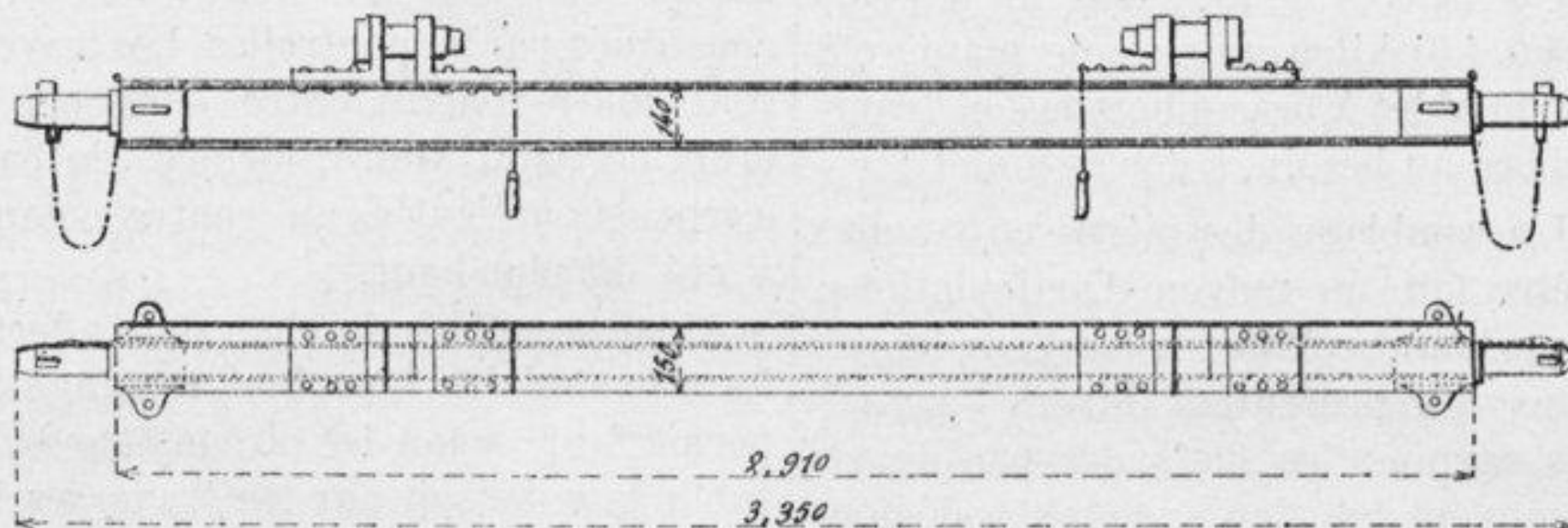


Fig. 589.

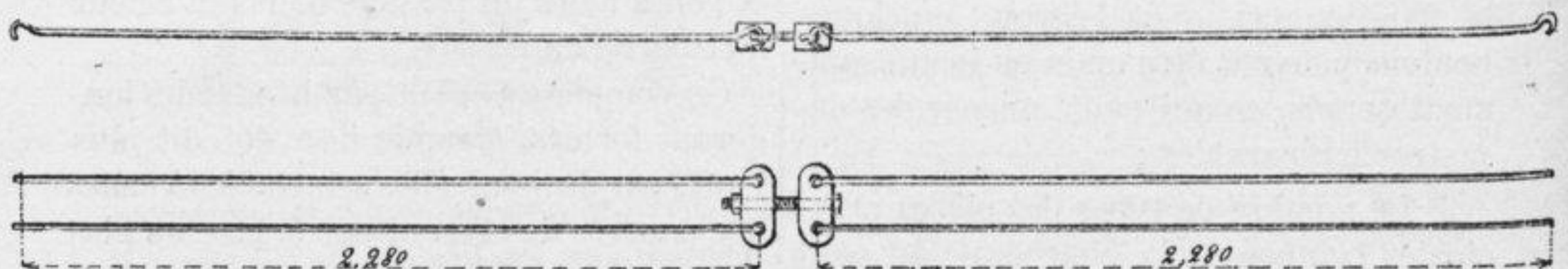


Fig. 590.

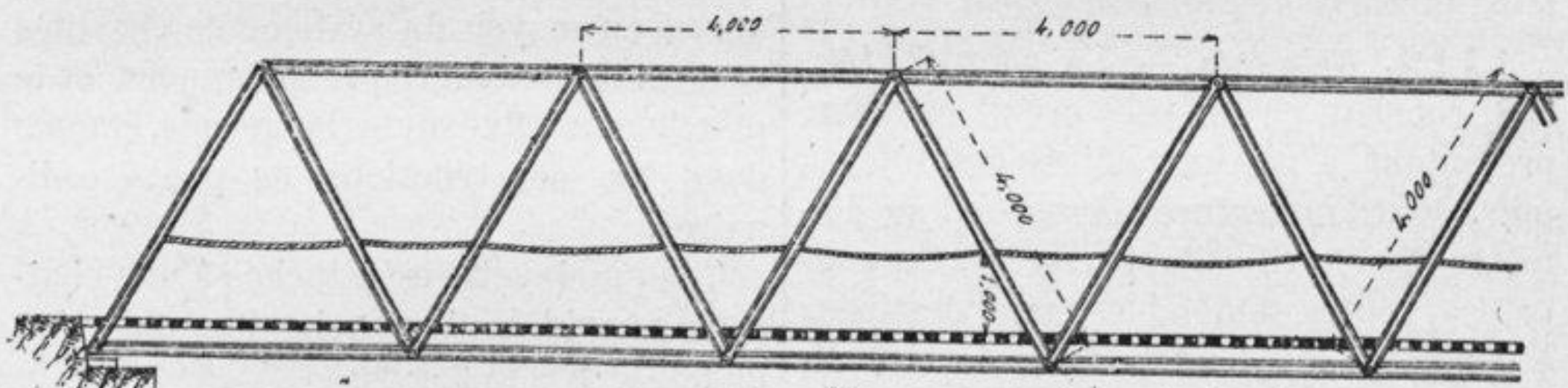


Fig. 591.

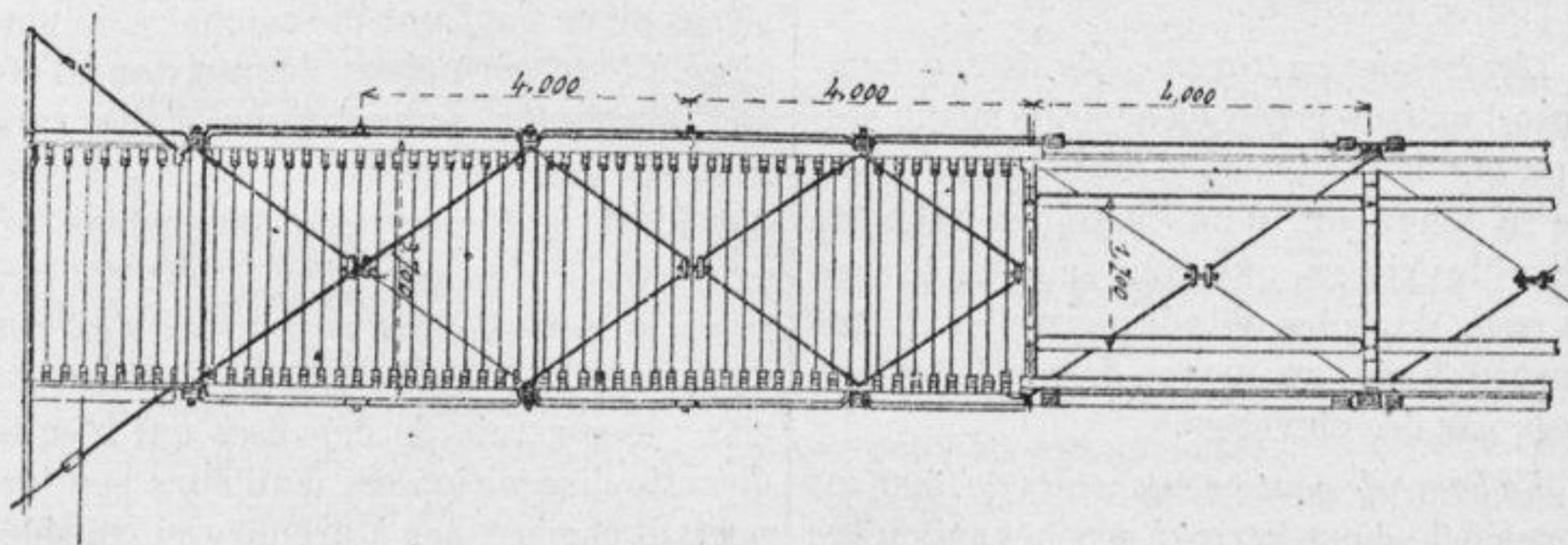


Fig. 592.

ration, en regard des avantages que donne l'uniformité des éléments pour un pont militaire.

La longueur maximum à donner à un pont de cette nature est de 36 mètres. En admettant, outre le poids du pont, une

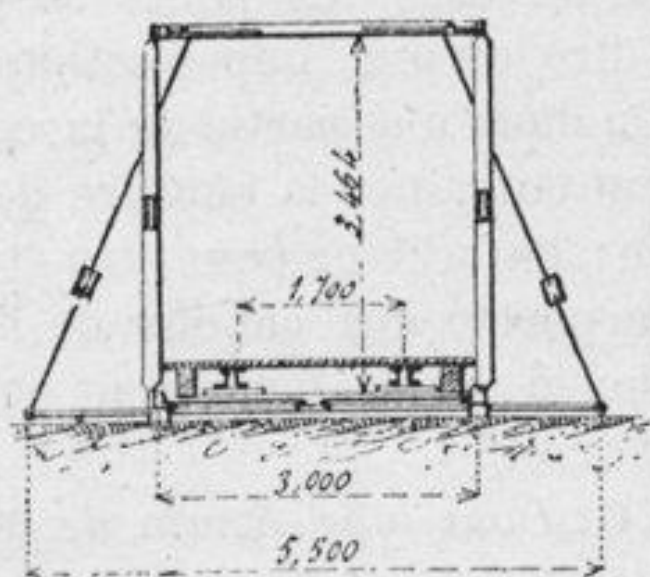


Fig. 593.

surcharge de 675 kilogrammes par mètre courant, l'acier sera alors exposé à un travail de $9^k,4$ seulement par millimètre carré de section, alors que l'on admet généralement que le coefficient du travail de l'acier est de 12 kilogrammes par millimètre carré.

Le nombre et le poids des pièces, pour une travée de 36 mètres, serait d'ailleurs le suivant :

Poutrelles.	$88 \times 120 = 10,560^k$
Traverses inférieures.	$10 \times 140 = 1,500$
Traverses supérieures.	$9 \times 90 = 810$
Contreventement.	$17 \times 29 = 493$
Clavettes et rondelles.	$38 \times 1.5 = 57$
Total pour la partie métallique	13,320
PLATELAGE EN BOIS	
Longrines.	$18 \times 40 = 720$
Madriers	$100 \times 40 = 4320$
Poids total	18,360 ^k

1121. Montage. — Le montage du pont s'effectue sur la rive en face de l'emplacement du pont.

On commence par la pose du tablier, en disposant les traverses parallèlement entre elles, et à la distance qu'elles doivent occuper dans le système.

On relie ensuite leurs chevilles par les œils des poutrelles, ce qui forme une série de cadres contigus rectangulaires; on contrevente ces cadres par des croix-de-Saint-André, et l'on pose dessus les longrines en les fixant à leurs places.

On procède ensuite à l'élévation des deux poutres de rives, qui sont également reliées entre elles à la partie supérieure par des traverses à chevilles.

Pour faciliter le montage, on se sert de deux chevalets en échelle se dépliant en compas, placés à l'intérieur et au milieu du premier cadre du tablier, de manière que leurs sommets puissent soutenir la traverse supérieure à l'endroit convenable.

On relie alors, de chaque côté, par des poutrelles posées obliquement, les chevilles de cette traverse avec les chevilles des deux traverses du cadre du tablier de manière à former, par cet assemblage, un prisme rectangulaire reposant sur une de ses facettes rectangulaires.

Le premier élément du pont étant monté, on dégage les chevalets, qui sont ensuite placés dans le second cadre du tablier, et l'on assemble successivement les autres éléments consécutifs du pont, comme il vient d'être dit pour le premier.

Au fur et à mesure que ce travail progresse, on relie les sommets de chaque élément monté avec ceux de l'élément qui les précède, en unissant de chaque côté les chevilles des traverses supérieures par des poutrelles horizontales.

Les cadres ainsi formés à la partie supérieure de la charpente sont ensuite contreventés en croix-de-Saint-André, et les œils des poutrelles sont assujettis par des rondelles et des clavettes.

1122. Lancement. — La mise en place du pont s'opère par voie de lancement, soit sur des rouleaux, soit sur des galets

placés sous les poutres de rive. — Pour que les poutrelles inférieures de celles-ci ne fléchissent pas sous le poids, au moment critique du passage, elles sont soutenues provisoirement, dans les parties les plus exposées de la charpente, par des jambes de force en bois, buttant contre les sommets respectifs des triangles qui les surmontent.

En outre, le pont est muni d'un arrière-bec, fait soit au moyen du même matériel, soit au moyen d'un système similaire en bois et que l'on charge suffisamment pour maintenir l'équilibre constant de la charpente pendant son lancement.

1123. Platelage et amarrage. — La pose du platelage en bois s'opère de la manière habituelle ; on amarre ensuite solidement les extrémités du pont, au moyen de cordes ou tringles métalliques avec vis de serrage partant des sommets des triangles extrêmes de la charpente, et aboutissant au sol des culées sous une inclinaison convenable.

1124. Démontage. — Pour démonter le pont, on procède de la même manière que pour le montage, mais en renversant l'ordre des opérations successives ; c'est-à-dire que l'on ramène d'abord le pont sur une des berges, et qu'ensuite on le démonte en commençant par la partie supérieure et en finissant par le tablier.

1125. Avantages et inconvénients du pont Brochocki. — Les avantages de ce pont sont :

1° Sa simplicité et le petit nombre de types des pièces élémentaires, ce qui permet un montage facile et rapide ;

2° La suppression des boulons dont les pas de vis se détériorent facilement, et leur remplacement par les clavettes ;

3° La légèreté relative des pièces, dont les plus lourdes ne dépassent pas 140 kilogrammes et leur longueur 4 mètres, ce qui les rend maniables à bras d'hommes et transportables au besoin à dos de mulets. Ainsi une voiture de pontonniers, attelée de quatre chevaux, chargeant en campa-

gne un poids de 2,500 kilogrammes, peut facilement prendre le matériel complet d'une travée de 4 mètres de longueur, lequel ne pèse que 2,054 kilogrammes y compris le platelage.

En revanche ce pont présente les inconvénients de tous les ponts suspendus ; c'est-à-dire qu'une imperfection ou une omission dans une partie de la construction peut entraîner la rupture de tout le système ; enfin il ne peut être établi que hors de portée des canons de l'ennemi, sans quoi il serait facilement et rapidement détruit.

1126. Pont type chemin de fer du système Brochocki. — Les ponts de ce système étant destinés au rétablissement des communications interrompues par l'ennemi pendant la guerre, et leur montage étant effectué par des ouvriers spéciaux en nombre suffisant, M. l'ingénieur Brochocki s'est dit avec raison qu'il n'y avait pas lieu de s'astreindre à réduire au minimum le nombre des types des pièces constitutives, et il a porté ce nombre à neuf types de pièces, pour les ponts de chemins de fer, tout en maintenant l'uniformité des types dans chaque élément de pont.

L'assemblage des pièces reste toujours à articulation ; mais les poutres des rives sont formées de triangles isocèles et non équilatéraux comme dans les ponts précédents.

Du sommet de chaque triangle et dans le plan des deux poutres de rives, s'applique encore une barre verticale, qui aboutit à la ligne du tablier et qui porte elle-même à cet endroit une entretoise ou traverse.

Le nombre d'entretoises étant ainsi doublé dans chaque élément, la longueur des pièces composant la corde inférieure, ainsi que la longueur des longerons, sera réduite de moitié, ce qui rendra ces pièces moins sujettes à la flexion sous le poids considérable de la surcharge.

La portée maxima d'une travée de ce

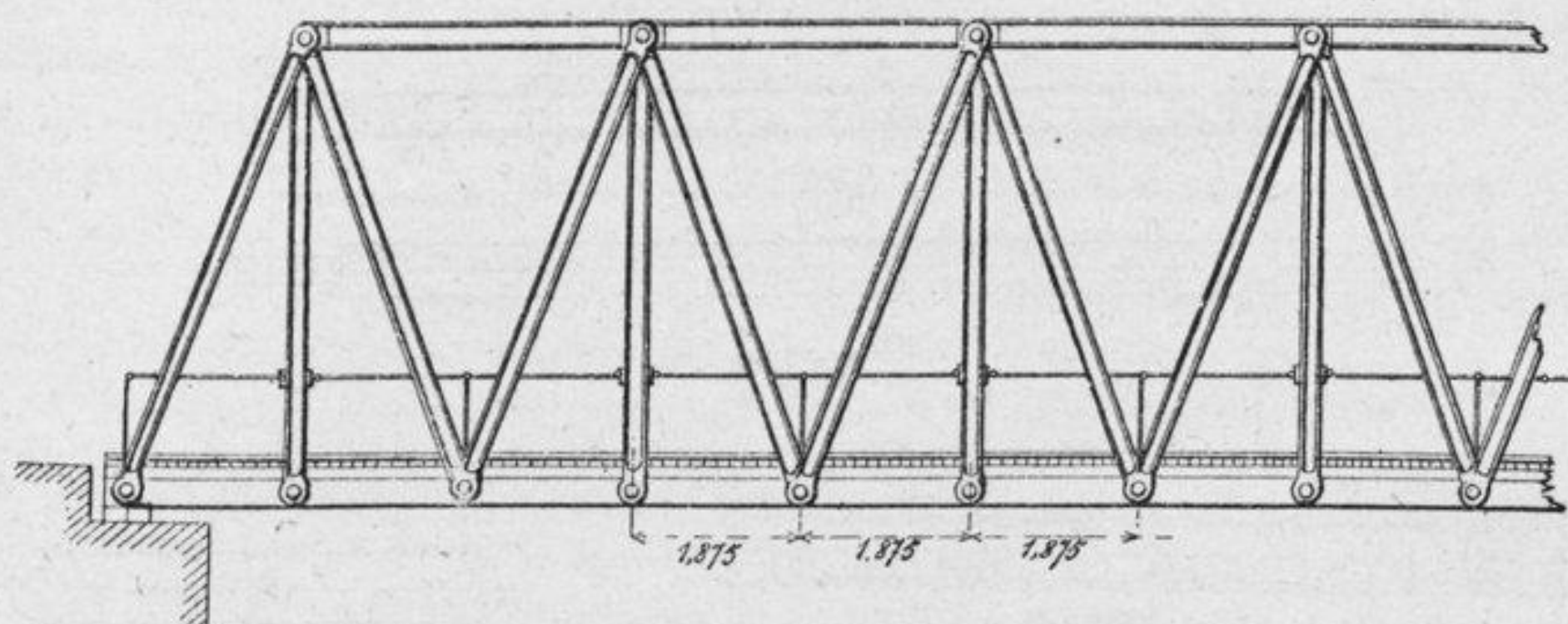


Fig. 594.

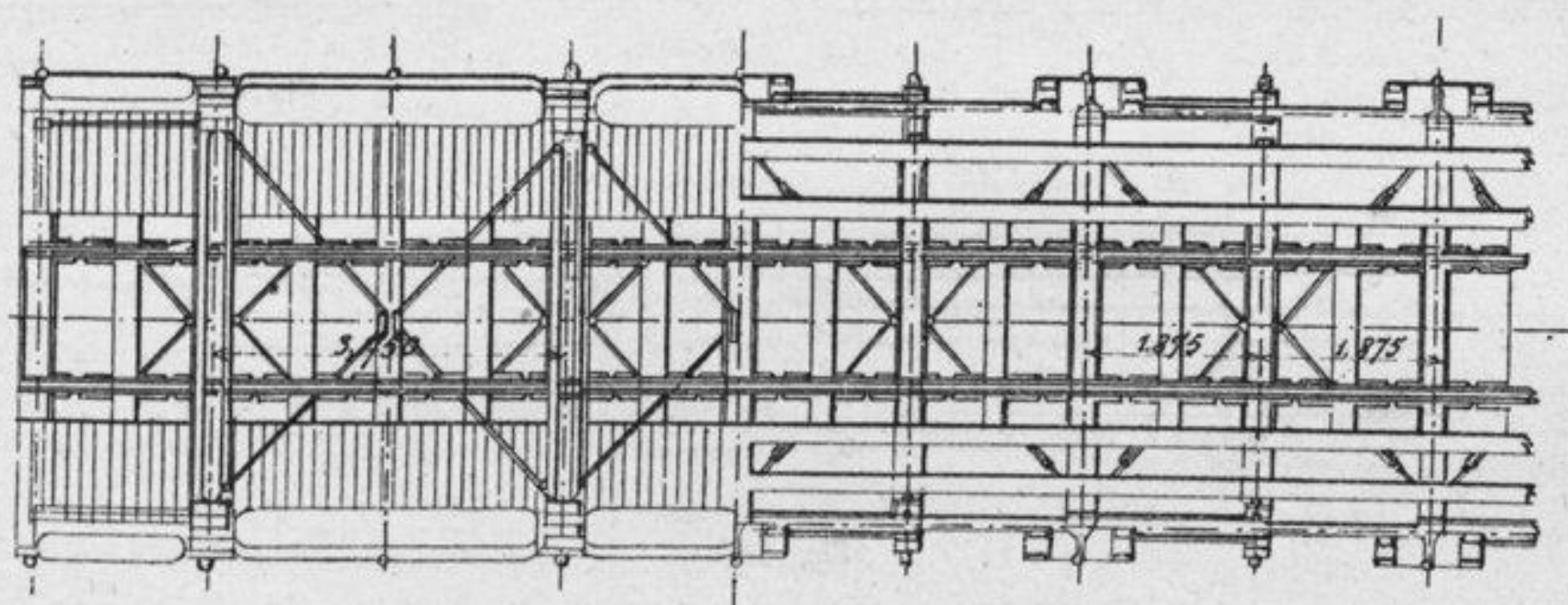


Fig. 595.

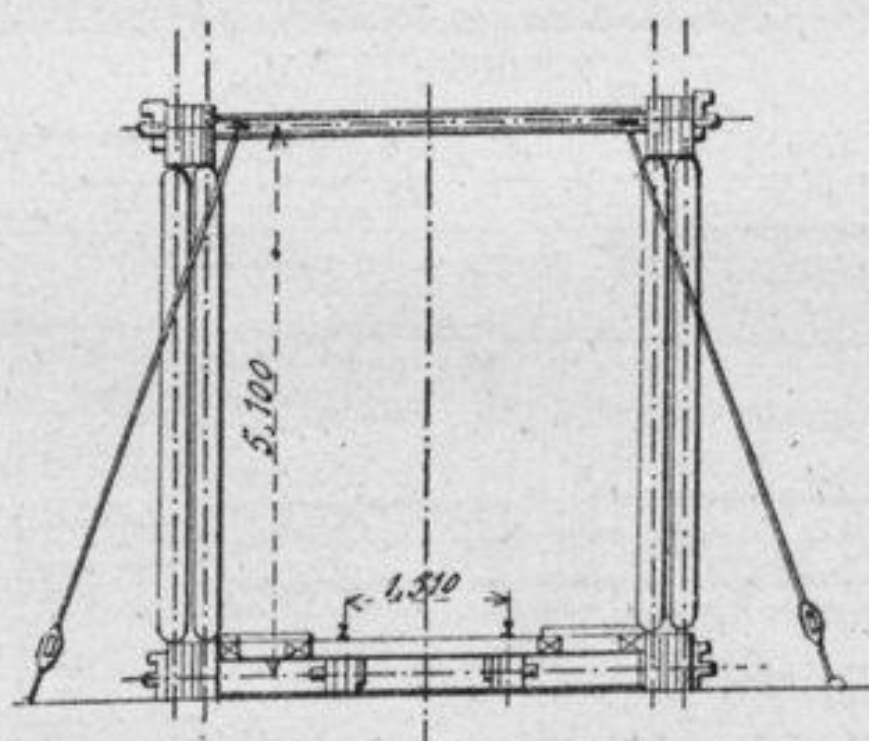


Fig. 596.

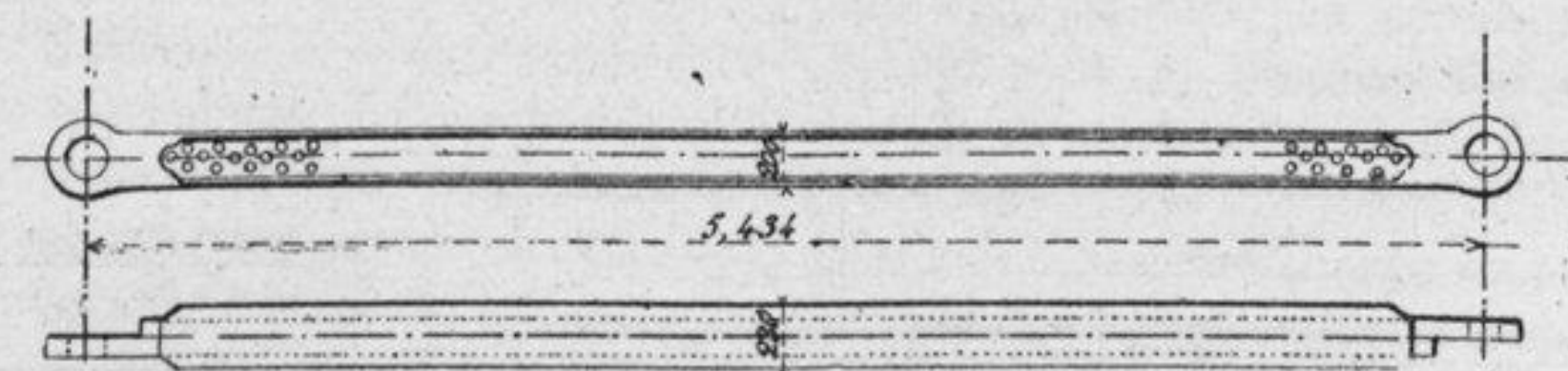


Fig. 597.

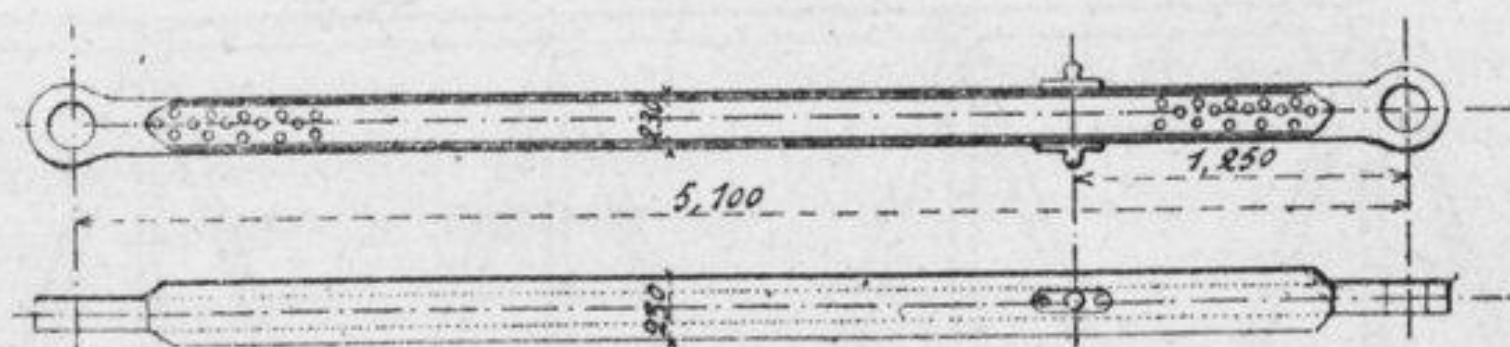


Fig. 598.

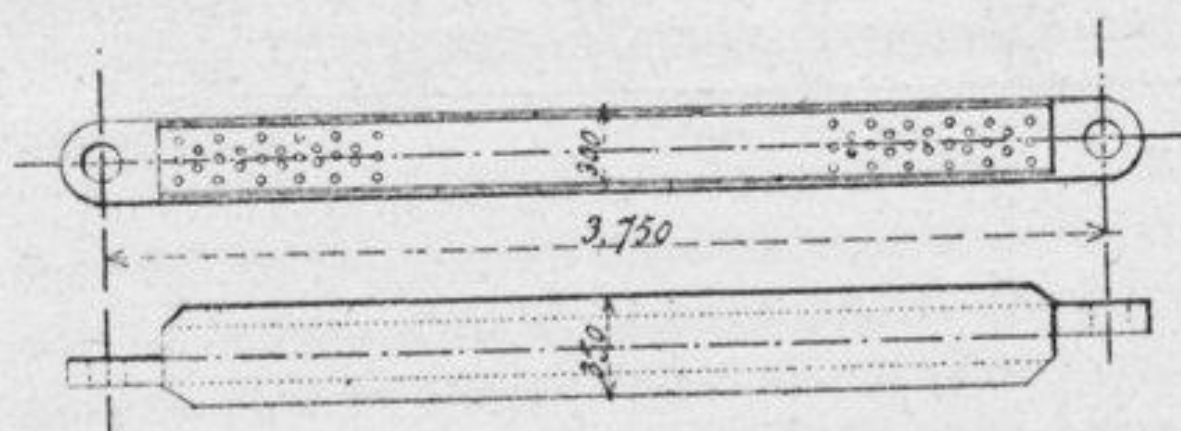


Fig. 599.

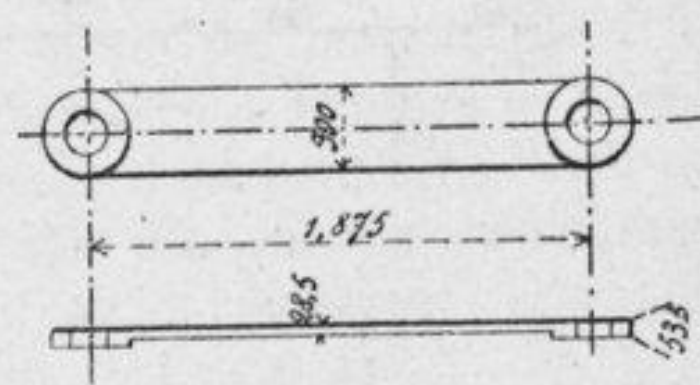


Fig. 600.

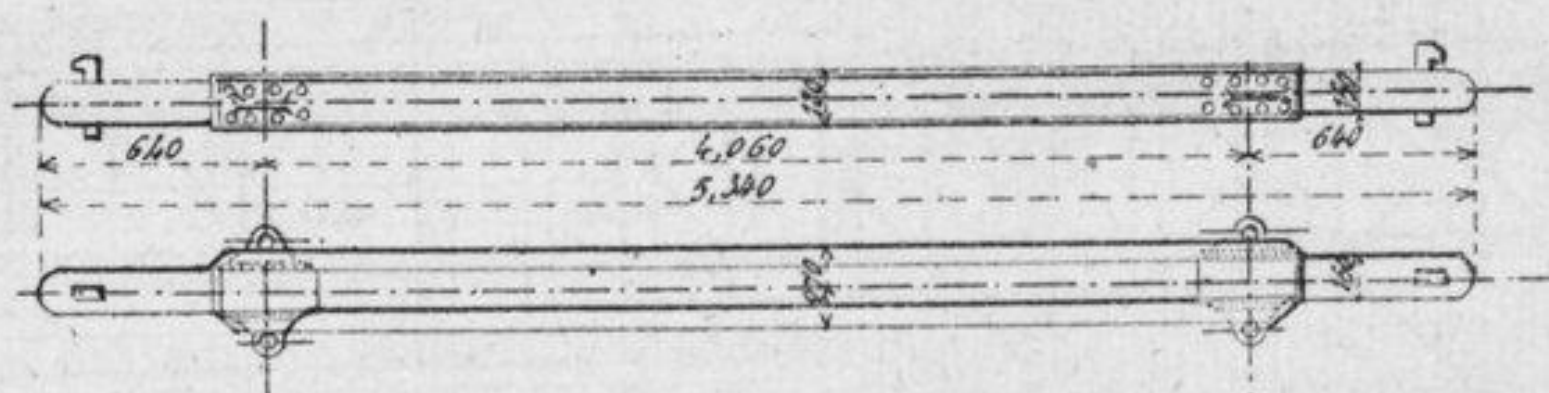


Fig. 601.

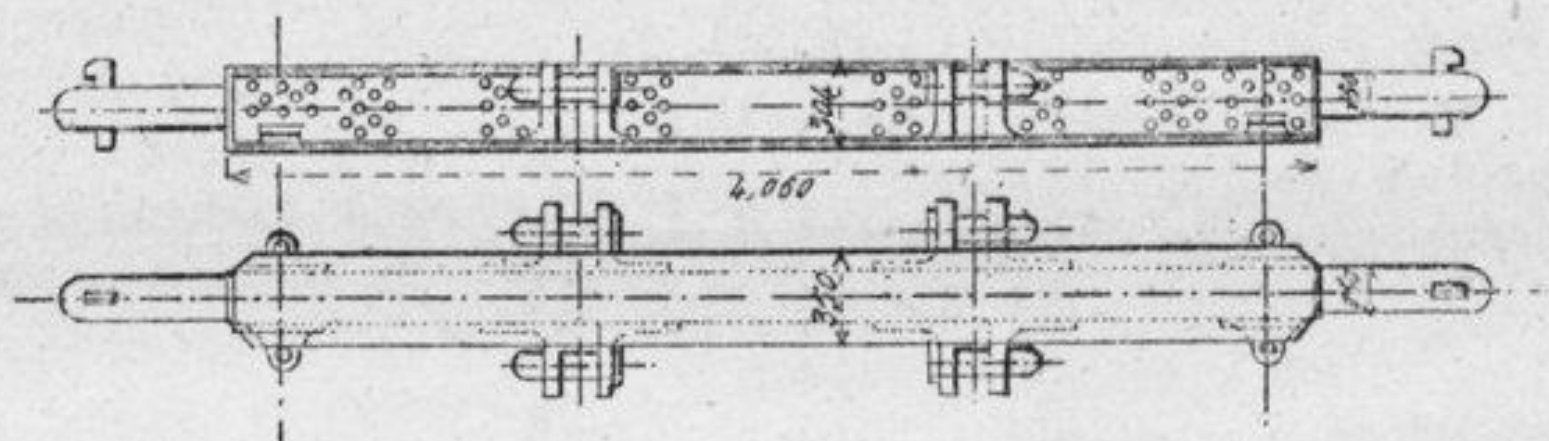


Fig. 602.

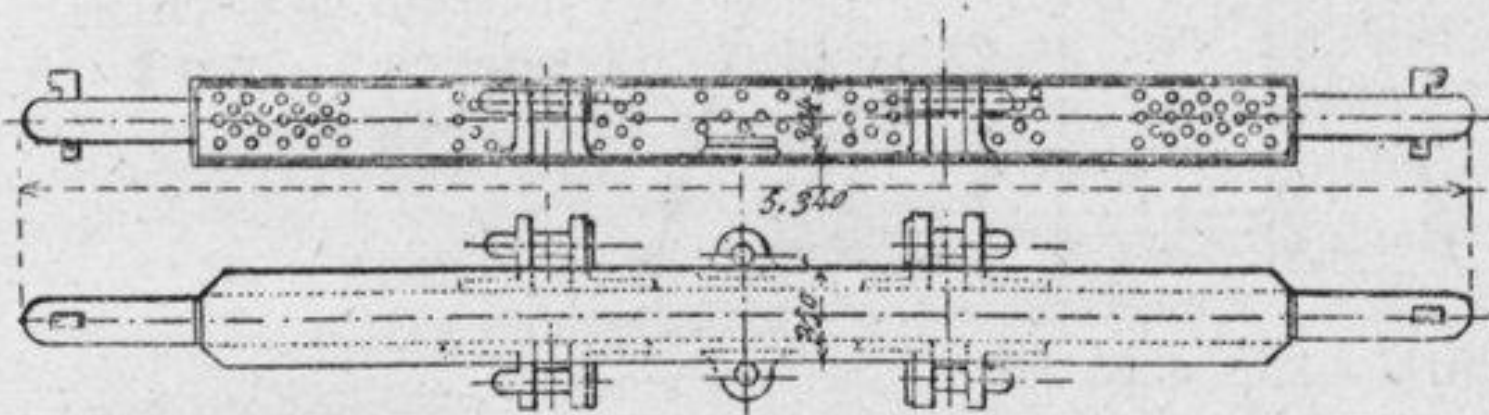


Fig. 603.

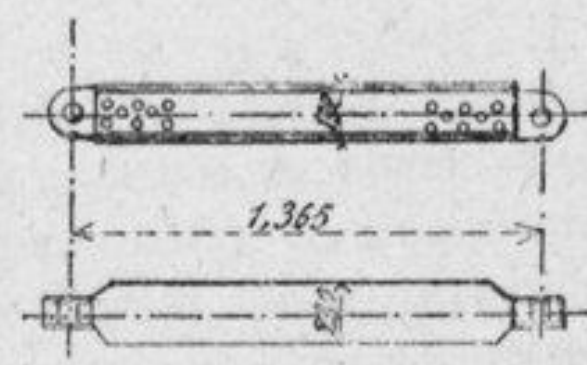


Fig. 604.

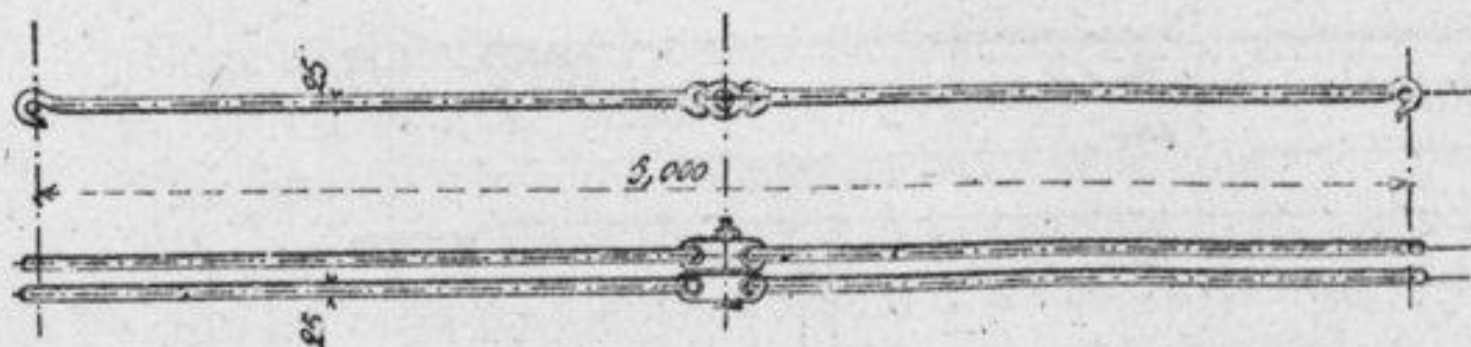


Fig. 605.

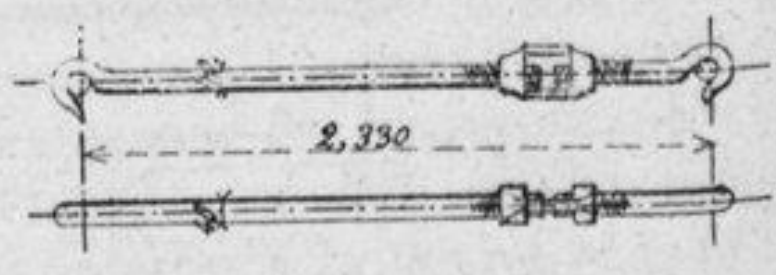


Fig. 606.

type de pont ne peut guère dépasser 45 mètres, si l'on veut maintenir les poids

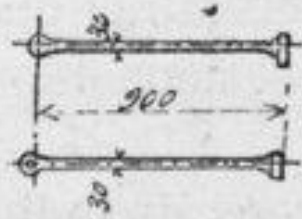


Fig. 607.

partiels des pièces dans des limites telles que leur maniement soit aisé et facile.

Les figures 594 à 607 indiquent la cons-

truction d'ensemble et le détail des éléments d'un pont de ce genre, pour une portée de 45 mètres.

Ce pont se compose de douze éléments prismatiques d'une hauteur de 5^m,10, et d'une largeur de 4 mètres, suffisante pour une voie simple.

Il est calculé pour résister à une surcharge de 180,000 kilog. soit 4,000 kilog. par mètre courant, sans compter son propre poids, qui est de 125,000 kilog. ainsi qu'il est indiqué par le tableau ci-après.

DÉNOMINATION des PIÈCES	NOMBRE des PIÈCES	POIDS par PIÈCES	POIDS PARTIELS	EFFORT MAXIMUM à la COMPRESSION ou à la tension et résistance à la flexion	COEFFICIENT du TRAVAIL L'ACIER par millimètre carré
	pièces	kil.	kil.		kil.
Poutrelles dans les cordes supérieures.	22	855 »	18.788	168.000	9.90
Poutrelles dans les cordes inférieures..	95	153 35	14.712		9.90
Poutrelles obliques.....	48	486 »	23.328		10.05
Barres verticales.....	24	444 »	10.659	76.231	9.50
Traverses inférieures.....	25	1299 »	32.477	17.800	9.90
Traverses supérieures.....	12	501 »	6.048	6.048	2.00
Lengrons.....	24	231 »	5.544	5.544	5.55
Contreventement inférieur.....	48	31 »	1.488	1.488	4.00
Contreventement supérieur.....	11	106 »	1.116	1.116	10.00
Total pour la partie métallique...	310	» »	114.000	» »	»
Garde-corps.....			» 555	» »	»
Traverses, longrines et madriers en bois ..			6.845	» »	»
Rails et accessoires de la voie.....			3.600	» »	»
Poids total du pont.....			125.000	» »	»

Pour qu'un pont démontable puisse remplir le but qu'on en attend, il est indispensable que l'exécution de toutes ses parties constitutives soit très soignée et que le métal employé soit de parfaite qualité : c'est pourquoi l'inventeur en a confié la construction à la société Commentry-Fourchambault en France.

1127. Expériences. — Une expérience a été faite récemment, à Fourchambault, sur un pont de ce système ayant une portée de 32 mètres entre les appuis. La *flèche permanente* résultant du jeu dans les assemblages fut de 0^m,039. Les *flèches temporaires*, produites par les surcharges et disparaissant complètement après la

décharge, variaient entre 0^m,010 pour 14,500 kilog. de surcharge et 0^m,033 pour 33,500 kilogr. de surcharge, cette dernière étant uniformément répartie sur toute la longueur du pont.

Pour les surcharges roulantes et passagères, la flèche fut de 0^m,014 pour le passage de l'artillerie de campagne, et de 0^m,007 pour le passage des hommes chargés en moyenne à 85 kilogr. et marchant par files de 4.

Le montage et le lançage du pont, exécuté par des hommes peu exercés, a duré une heure et demi.

Le même pont a été soumis, par les ingénieurs de la société, à des essais de ré-

sistance, sous des surcharges uniformément réparties plus considérables; après 66 heures consécutives, le pont a repris exactement sa forme primitive.

1128. Appréciation. — Le pont type chemin de fer du système Brochocki nous paraît à la fois simple et pratique, mais il est impossible d'émettre un jugement éclairé sur sa convenance pour les circonstances de guerre, avant de l'avoir vu soumettre à des expériences pratiques et concluantes.

Ce pont est actuellement installé à l'Exposition Maritime du Havre, pour donner accès aux pontons d'embarquement, de sorte que l'on aura une épreuve de longue durée et dans des conditions pratiques.

Nous ne ferons qu'indiquer en passant que l'inventeur donne le moyen d'utiliser son matériel en campagne comme abri, comme tente ou ambulance.

§ V. — PONTS DE CORDAGES

1129. Emploi. — Les ponts de cordages ne s'emploient que très rarement, et seulement lorsque la construction des autres ponts est impossible; en effet, ils ont l'inconvénient d'exiger l'emploi d'une grande quantité de cordages, d'être d'une construction longue et délicate, et de ne pouvoir être construit, dans le voisinage de l'ennemi, car il suffirait d'un seul projectile venant rompre un câble de suspension pour occasionner la ruine complète du pont.

Il peut pourtant se faire que, en pays de montagnes, on ait à franchir des ravins très profonds à berges très escarpées, et qu'on ne puisse se procurer les bois nécessaires à l'établissement d'un dispositif en charpente; des cas de ce genre se sont présentés pendant les guerres de la Péninsule en 1810, et pendant la guerre de sécession d'Amérique, où l'on a été forcé de construire des ponts de cordages. — Toutefois nous devons ajouter que les câbles suspenseurs employés par les Américains étaient en fil de fer.

1130. Espèces. — Il existe deux espèces de ponts en cordages :

- 1° Les ponts sur chainettes;
- 2° Les ponts suspendus.

1° PONTS SUR CHAINETTES. Ce système consiste essentiellement en deux câbles fortement tendus en travers de la brèche à franchir et supportant le tablier.

Pour construire un pont de cette espèce, on établit sur les deux rives deux gros rouleaux formant corps-mort, et sur lesquels s'appuient deux forts câbles tendus en travers du ravin à franchir. Leurs extrémités sont réunies en arrière à des points fixes convenablement établis; elles sont fortement tendues au moyen de palans. — Un certain nombre de traverses placées à 2 ou 3 mètres de distance les unes des autres, sont attachées sur les cinquenelles et supportent les poutrelles du tablier.

Sur ces poutrelles, on place les madriers jointifs et le pont se fait comme d'ordinaire.

Afin de diminuer, autant que possible, les oscillations qui se produisent pendant les passages, on amarre le tablier à des points fixes pris sur la rive, au moyen de cordes formant croisières.

1131. Calcul des éléments. — Le calcul des divers éléments d'un semblable pont est indiqué ci-après.

La tension T des câbles est donnée par la formule;

$$T = \frac{Q}{f} (0,96 \frac{l}{2} + 0,40f)$$

dans laquelle Q désigne la demi-charge de chacun des câbles suspenseurs ;

f la flèche ;

l la demi-portée

Connaissant la tension T , on en déduit le diamètre D du câble en millimètres, au moyen de la formule : $D = \sqrt{\frac{T}{2}}$

L'équarrissage des traverses s'obtient par la formule :

$$\frac{Rab^2}{6} = \frac{PX}{8}$$

dans laquelle X est l'intervalle compris entre les câbles suspenseurs,

P , le poids total supporté par le chapeau ;

R , un coefficient qui varie suivant la nature du bois, et qui est de 800,000 pour le chêne et le sapin.

1132. Moyen de réduire la flèche du pont. — Le tablier de ces ponts est concave, ce qui gêne la circulation et ce qui l'expose à des chocs nombreux ; si on tend les câbles pour réduire la flèche, on les soumet à des tensions très considérables, et il faut par suite en augmenter le nombre ou en avoir de plus forts, ce qui n'est pas toujours possible en campagne. Le meilleur moyen que l'on ait trouvé pour obvier à cet inconvénient de la concavité du pont en chaînette est le suivant (*fig. 608*).

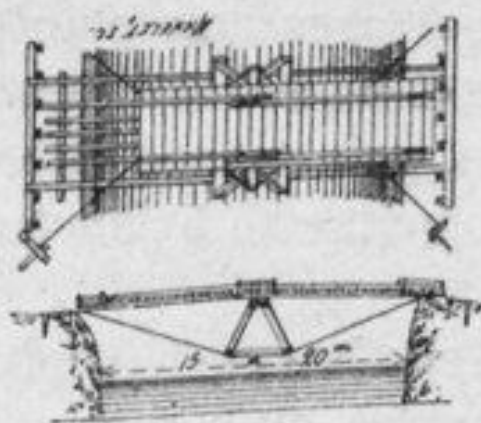


Fig. 608.

On dispose quatre câbles suspenseurs en travers de la brèche, mais sans les tendre autant qu'il a été dit précédemment ; on fait glisser sur ces cordes un chevalet dont les pieds sont réunis par des traverses, puis quand ce chevalet est au milieu de la brèche, on le fixe au câble

avec des cordes, et on fait reposer les poutrelles du tablier sur le corps mort et sur le chapeau du chevalet.

Dans ce cas, la tension T est exprimée par la formule :

$$T = \frac{Q}{2} \frac{\sqrt{l^2 + f^2}}{f}$$

dans laquelle les différentes lettres ont la même signification que précédemment.

Les ponts sur chaînettes ne conviennent que pour des portées inférieures à 20 mètres.

2° PONTES SUSPENDUS

1133. Conditions d'emploi. — Lorsqu'on a à franchir une brèche de 20 à 40 mètres de portée, au moyen d'un pont de cordages, on est obligé d'employer le système des ponts suspendus.

Ce système est basé sur le principe que la tension des câbles varie en sens inverse de la flèche. — Il en résulte que si l'on parvient à établir un tablier horizontal, tout en employant des câbles suspenseurs ayant une très grande flèche, on pourra employer des cordages d'un diamètre moindre que dans le cas précédent.

Dans le système des ponts suspendus, on élève les câbles suspenseurs au moyen de potences dressées sur les deux rives ; le tablier est suspendu à ces cinquenelles au moyen d'ordonnées verticales en cordes ; à la limite, quand ces données sont suffisamment rapprochées, la charge est uniformément répartie sur la projection horizontale des câbles suspenseurs, et la courbe d'équilibre est une parabole (*fig. 609*).

1134. Calcul des éléments. — On détermine la longueur des ordonnées au moyen d'une construction géométrique, et en partant de ce principe qu'elles doivent être à des distances horizontales égales, puisqu'elles doivent supporter des fardeaux égaux.

On pourrait également déterminer par le calcul le diamètre des cordes, mais

comme la résistance de celles-ci varie dans des proportions considérables, suivant la qualité des chanvres, on s'en tient aux résultats de l'expérience, lesquels ont mon-

tré que, avec des cordes de bonne qualité, il suffit, pour franchir une brèche de 40 mètres, de quatre câbles groupés deux à deux, ayant chacun un diamètre de 0^m,055,

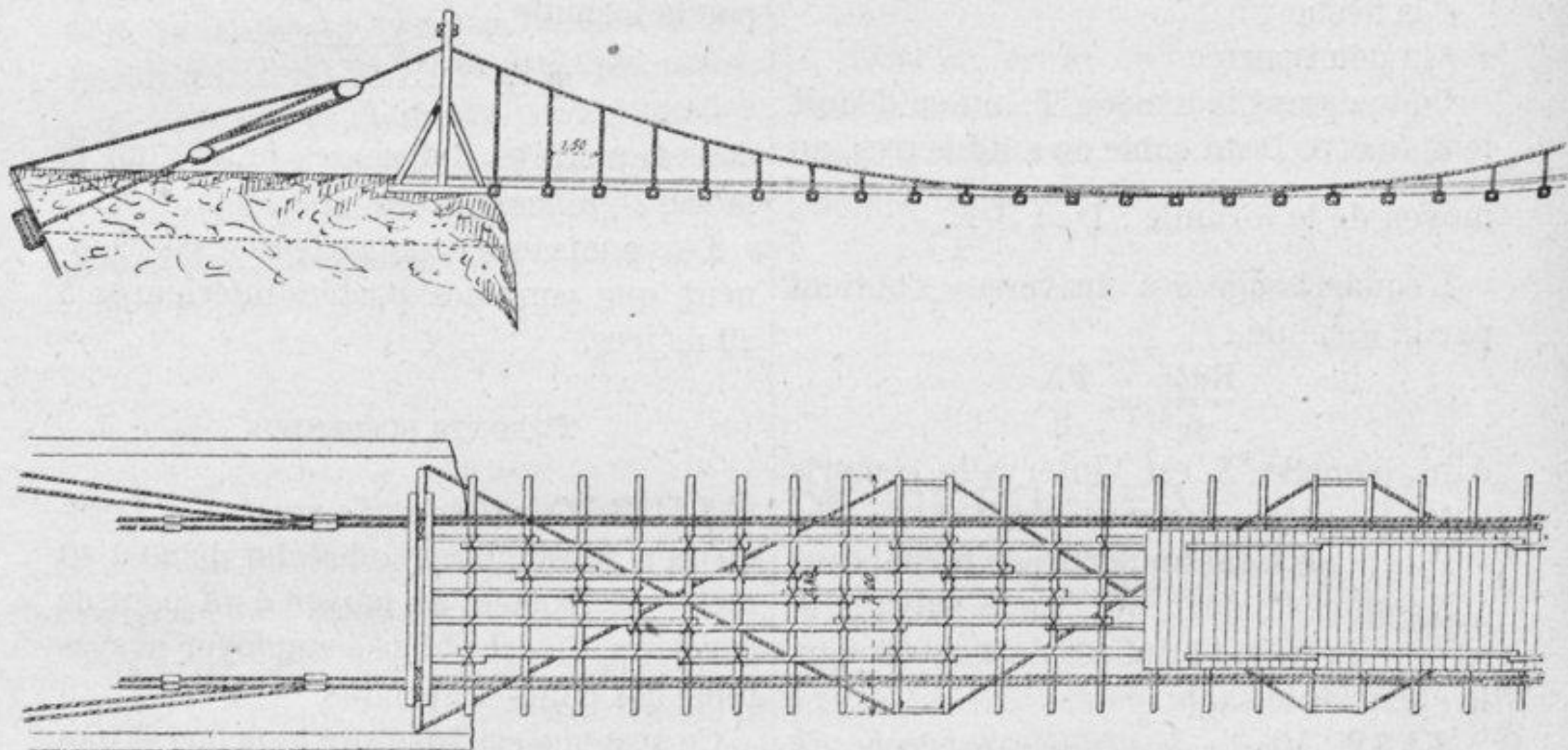


Fig. 609.

et de prendre pour les ordonnées des cordes de 0^m,015 de diamètre, les traverses étant écartées de 1^m,70.

Les équarrissages des poutrelles et des traverses se déterminent comme dans le cas précédent, mais on augmente de moitié la valeur de $a b^2$, pour prévoir le cas de la rupture d'une ordonnée.

Les potences se composent chacune de deux montants soutenus par des arcs-boutants et reliés à leur partie supérieure par une traverse moisée. Au-dessous de cette traverse, se trouve un vide dans lequel sont logées les deux poulies qui servent à supporter les câbles suspenseurs. — Ceux-ci forment, en arrière des potences, un angle égal à celui qu'ils forment en avant, de manière qu'il n'y ait pas tendance au renversement de la potence. — Ils vont s'attacher par l'intermédiaire de palans qui permettent de les tendre à des gîtes enterrés à 1 mètre de profondeur au moins, et retenus par une plate-forme recouverte de terre.

1135. Construction. — La construction de la carcasse se fait sur la rive,

dans le prolongement de l'emplacement du pont, et d'après les dimensions de l'épure qui a dû être établie préalablement.

Pendant ce temps, on construit et on dresse les potences, et l'on tend d'une rive à l'autre deux câbles provisoires à une distance l'un de l'autre plus petite que la largeur du tablier du pont. — On hâle ensuite sur ces câbles la carcasse du pont, on place les câbles définitifs sur les poulies, on les amarre aux points d'attache provisoires et on les tend jusqu'à la limite déterminée, puis on tend les croisières qui doivent s'opposer au balancement du tablier.

Dans l'hypothèse de la rupture de quelques ordonnées, on fait reposer les poutrelles sur quatre ou cinq traverses, en ayant soin de jumeler celles de la même file sur une longueur plus grande qu'une travée, et de les brêler sur les traverses à chaque point de croisement : de plus, on fait en sorte que les extrémités de deux d'entre elles dans des files différentes ne correspondent jamais à une même traverse.

CHAPITRE XII

PASSERELLES

1136. Espèces. — Une passerelle est un petit pont, permettant le passage d'hommes à pied sur un ou deux de front, au maximum. — Ces moyens de passage doivent être construits rapidement et souvent pendant l'action même du combat.

On distingue plusieurs espèces de passerelles, suivant la nature de leurs supports, savoir :

- 1° Les passerelles pour le passage d'hommes isolés ;
- 2° Les passerelles sans supports intermédiaires ;
- 3° Les passerelles sur chevalets à quatre pieds ;
- 4° Les passerelles sur chevalets bigues ;
- 5° Les passerelles sur chevalets palées ;
- 6° Les passerelles sur chevalets belges ;
- 7° Les passerelles sur petits pilots ;
- 8° Les passerelles avec étais ;
- 9° Les passerelles sur bateaux pliants ;
- 10° Les passerelles de ponts volants et de bateaux pliants.

§ 1. — Passerelles pour le passage d'hommes isolés.

1137. Moyens employés. — Le moyen le plus simple de créer une passerelle est d'abattre un arbre d'une longueur un peu plus grande que la largeur de la rivière à franchir, et de le faire tomber de manière que la cime vienne reposer sur la rive opposée ; on élague les branches, et les hommes passent à la file.

On peut aussi jeter l'arbre à l'eau, la

cime vers l'amont en maintenant le pied contre la rive par un pieu. — Le courant le fait converger et les branches vont s'appuyer sur la rive opposée (*fig. 610*).



Fig. 610.

Si le cours d'eau est large, on jette deux arbres un de chaque bord, en les dirigeant, les branches en avant, au moyen de cordes attachées au sommet, et amarrées ensuite à de forts piquets plantés sur les rives. — Les cimes des arbres viennent s'arc-bouter l'une contre l'autre et forment un passage continu (*fig. 611*).

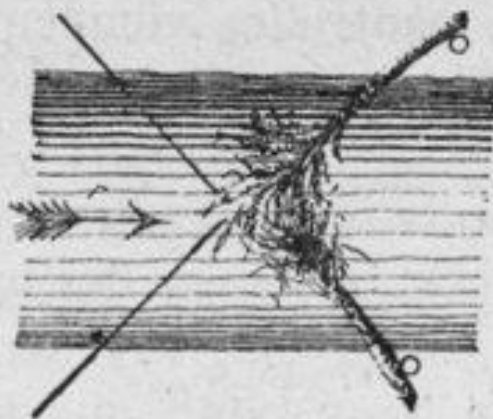


Fig. 611.

Si le cours d'eau n'a qu'un courant peu sensible, et que l'on ait le temps et les

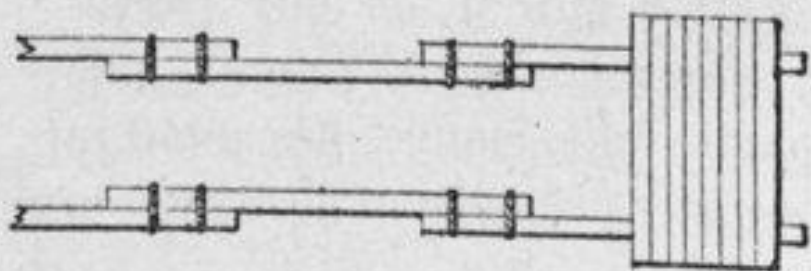


Fig. 612.

moyens, on peut construire une passerelle

plus sûre en jetant à côté l'un de l'autre deux arbres distants de 1 mètre, sur lesquels on cloue un tablier de madriers.

Les deux arbres peuvent être remplacés par deux files de rondins reliés à la suite les uns des autres (*fig. 612*).

§ 2. — Passerelles sans supports intermédiaires.

1138. Emploi et construction — Lorsque le cours d'eau n'a que peu de largeur, on jette, en travers des corps d'arbres, de fortes perches ou des poutrelles reposant à la fois sur les deux rives, et on les recouvre d'un tablier en madriers, en rondins ou en fascines, comme il a été dit pour les ponceaux.

Lorsque les bois dont on dispose n'ont pas une longueur suffisante pour s'appuyer à la fois sur les deux rives, on peut improviser avec de fortes perches, des poteaux télégraphiques ou des poutrelles, des dispositifs à contrefiches analogues à ceux qui ont été décrits au chapitre X, § 2 (*fig. 543*).

On peut aussi construire, avec les mêmes éléments que ci-dessus, des cadres qui viennent s'arc-bouter pour constituer un ou deux points d'appui intermédiaires, sur lesquels les poutrelles viennent reposer (*fig. 613 et 614*).

Les cadres se composent chacun de deux montants, de deux traverses et de deux écharpes, reliés par des brélages en cordes ou en fil de fer; ils sont plus larges en bas qu'en haut, pour que le système présente une certaine stabilité, et l'un d'eux est plus étroit que l'autre à la partie supérieure, afin qu'ils puissent s'emboîter. — Ces cadres sont mis en place par rotation autour de leur partie inférieure; deux cordes de retenue amarrées à la partie supérieure des montants de chaque cadre permettent de diriger le mouvement.

Dans le dispositif représenté (*fig. 613*) les cadres viennent s'arc-bouter l'un contre

l'autre; dans celui qui est représenté (*fig. 614*), lorsque les cadres ont l'inclinaison voulue, on les maintient au moyen de cordes de retenue, et des hommes grim pant sur les montants des cadres, viennent assembler sur place les deux traverses et les deux montants du cadre intermédiaire au moyen de brélages. Le premier dispositif s'applique pour des portées de 10 à 12 mètres, avec des bois de 0^m,15 de diamètre; le dernier est employé pour des portées de 12 à 15 mètres avec des bois de 0^m,15 de diamètre comme dans le premier cas.

1139. Ponts-volants. — Il existe un autre genre de passerelle sans supports intermédiaires, c'est celle qui est employée pour le franchissement des fortifications accouplée par groupe de deux, sous le nom de pont-volant.

Chaque passerelle est composée de deux fermes en sapin espacées de 0^m,60, ayant la forme du solide d'égale résistance, une longueur de 15 mètres et une hauteur de 1 mètre. — Le plancher est formé de solives espacées de 0^m,50, disposées dans le sens transversal, et de voliges de 0^m,15 d'épaisseur, disposées dans le sens longitudinal (*fig. 615*).

Les dimensions de cette passerelle ont été calculées et la courbe a été tracée de manière à lui donner une force de support de un homme par mètre courant, soit 75 kilogrammes.

Pour la facilité du transport, les fermes sont composées de deux parties qui s'assemblent au moyen de douilles en tôle et de deux boulons (*fig. 616*).

Les deux demi-passerelles peuvent se monter complètement avec voliges clouées, en réservant toutefois les voliges centrales, qui servent à relier les deux parties.

Pour former la passerelle, il suffit alors de faire pénétrer les extrémités des arcs de la demi-passerelle de queue dans les douilles de la demi-passerelle de tête, puis de fixer les boulons, de clouer les voliges centrales et de visser sur les arcs infé-

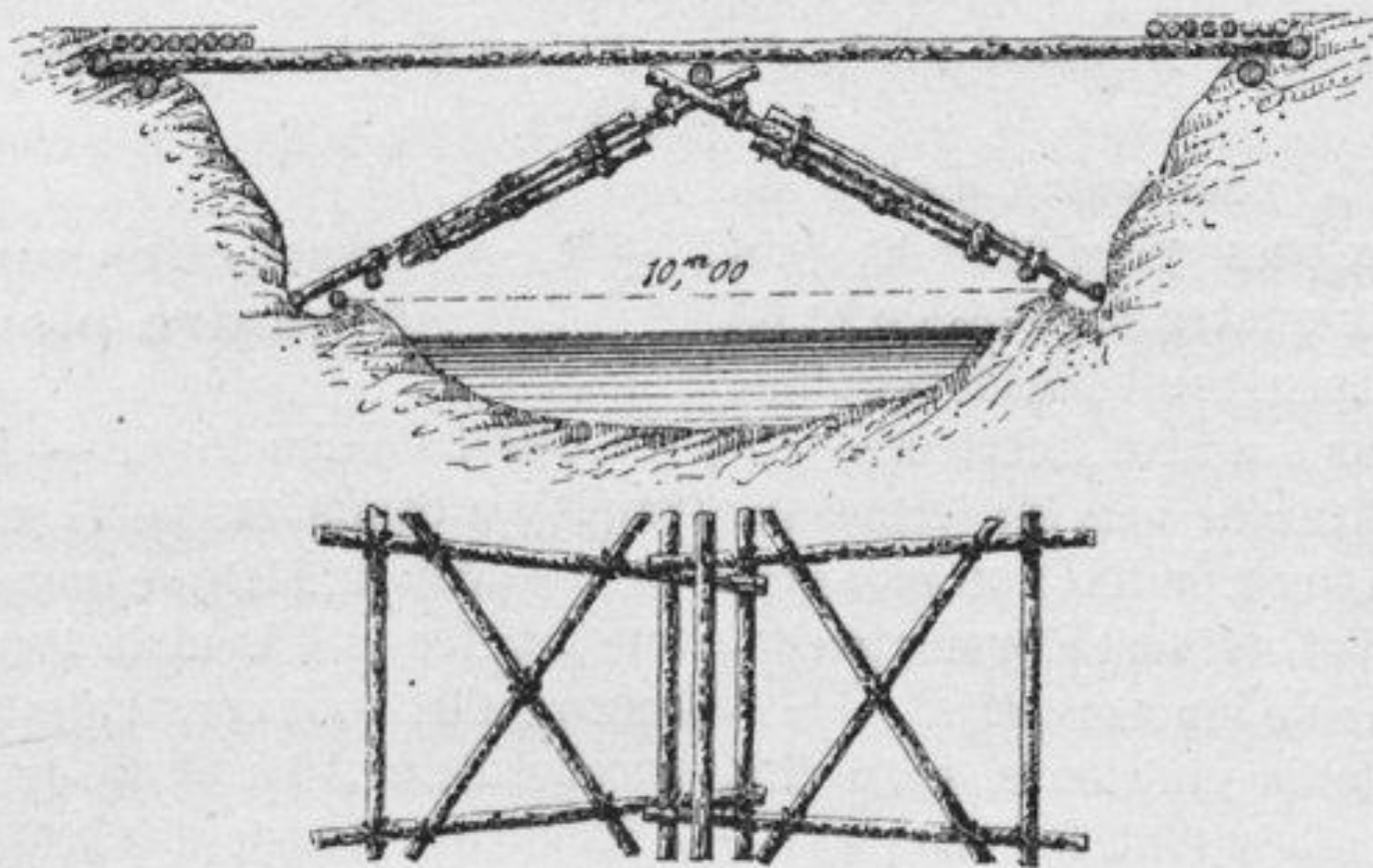


Fig. 613.

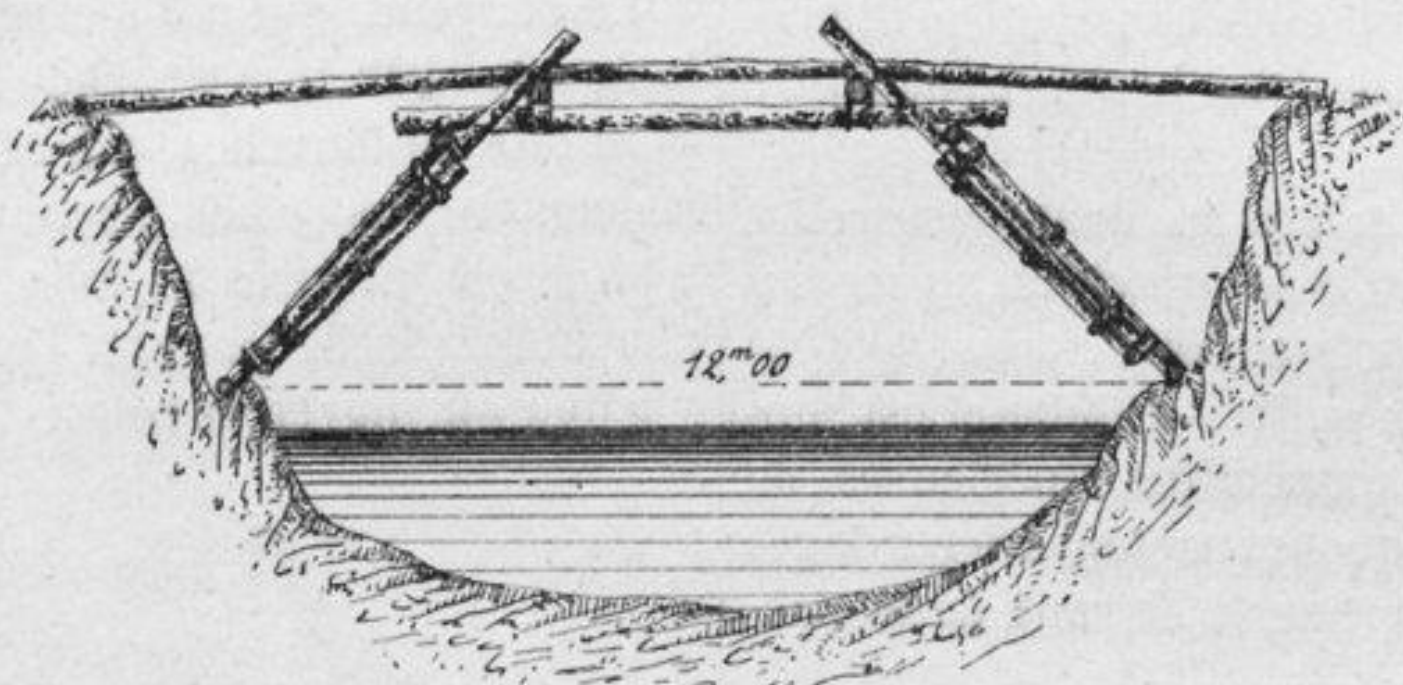


Fig. 614.



Fig. 615

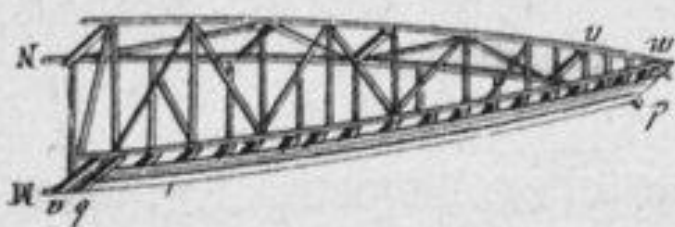


Fig. 616.

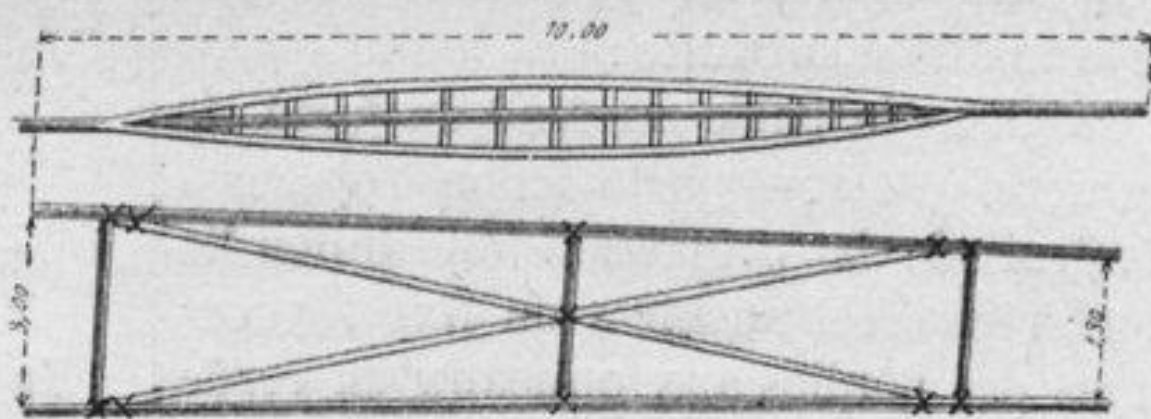


Fig. 617.

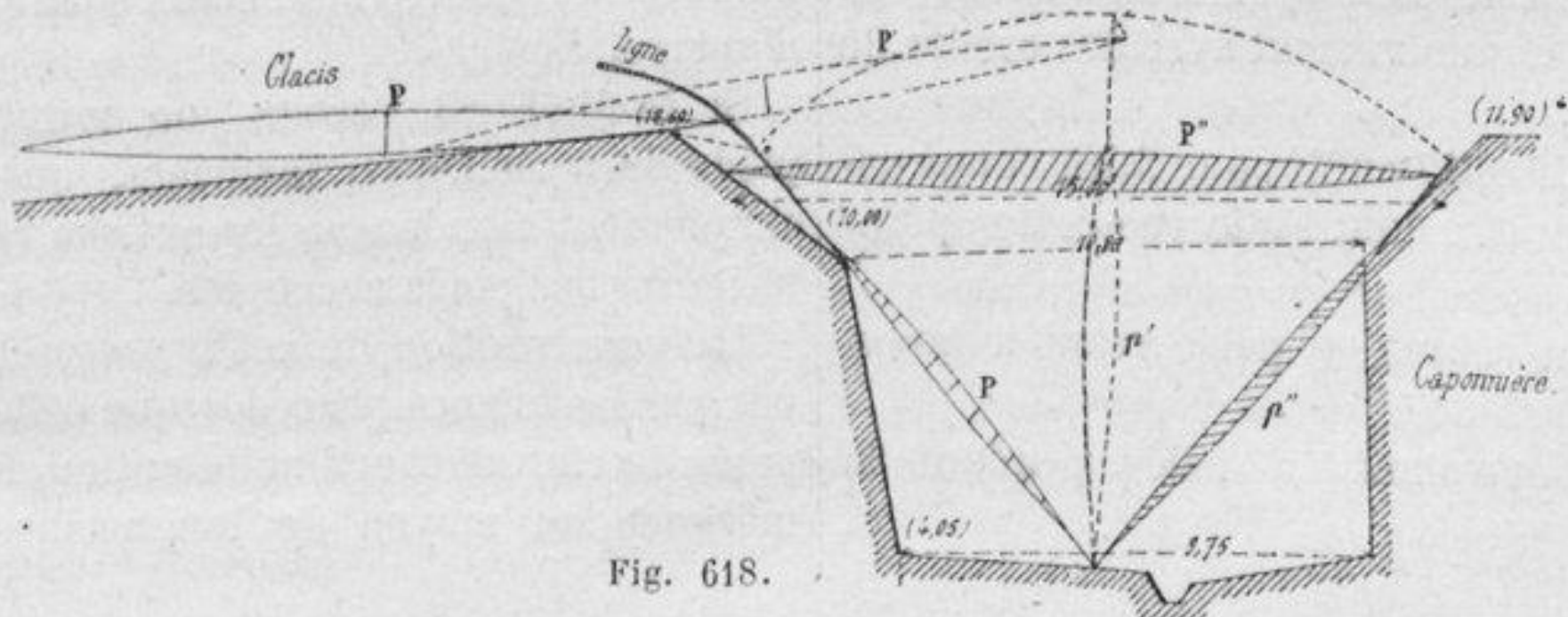


Fig. 618.

rieurs deux tringles formant croix de Saint-André.

Pour former le pont-volant, il suffit de juxtaposer deux passerelles et de les réunir au moyen de quatre tringles de 2^m,50 de longueur, qui pénètrent dans les douilles fixées au-dessous des arcs inférieurs.

Des douilles placées sur les fermes intérieures permettent de fixer un montant muni d'un crochet, qui sert à former garde-fou avec la ligne de lancement.

Enfin, à la partie inférieure, trois clameaux droits embrassent les arcs et les rendent solidaires.

Le pont-volant ainsi construit peut supporter le poids de deux hommes par mètre courant.

On lance à la fois les deux passerelles qui constituent le pont-volant au moyen de l'appareil représenté ci-dessous (fig. 617) et qu'on appelle *palée*. — Celle-ci est munie à ses deux extrémités supérieures, de poulies sur lesquelles passent des cordages qui viennent se fixer à l'avant de la passerelle.

Le poids de la palée est de 100 kilogrammes.

Celui de la passerelle de 160 kilogrammes.

Celui du pont-volant de 420 kilogrammes $[100 + (2 + 160)]$.

Le lancement d'un pont-volant se fait de la manière suivante :

On glisse la palée au fond du fossé, de manière que son pied vienne reposer à l'endroit de la projection du milieu de l'ouverture à franchir ; on fixe les cordages des poulies aux anneaux en corde qui sont à l'extrémité du pont-volant, puis on pousse tout le système en avant, en guidant le mouvement avec des cordes de retenue.

La figure 617 suffit pour faire comprendre la manière dont s'effectue cette opération :

P, pont-volant, p, palée avant le lancement ;

P', pont-volant, p' palée pendant la course ;

P'', pont-volant, p'' palée le lancement achevé.

§ 3. — Passerelles sur chevalets à quatre pieds.

1140. Construction. — Les chevalets employés comme supports sont semblables au chevalet rapide que nous avons décrit au chapitre VI § 1 ; mais avec cette différence qu'ils sont construits au moyen de perches de 0^m,40 à 0^m,45 de diamètre, reliées entre elles par des brélages en cordes ou en fils de fer (fig. 619).

Le chapeau, qui a 3 mètres à 3^m,50 de longueur et 0^m,15 à 0^m,20 de diamètre, repose sur les fourches qui résultent de la rencontre des pieds accouplés, mais il n'est brélé qu'après la mise en place du chevalet, afin de pouvoir l'exhausser s'il y a lieu au moyen de cales.

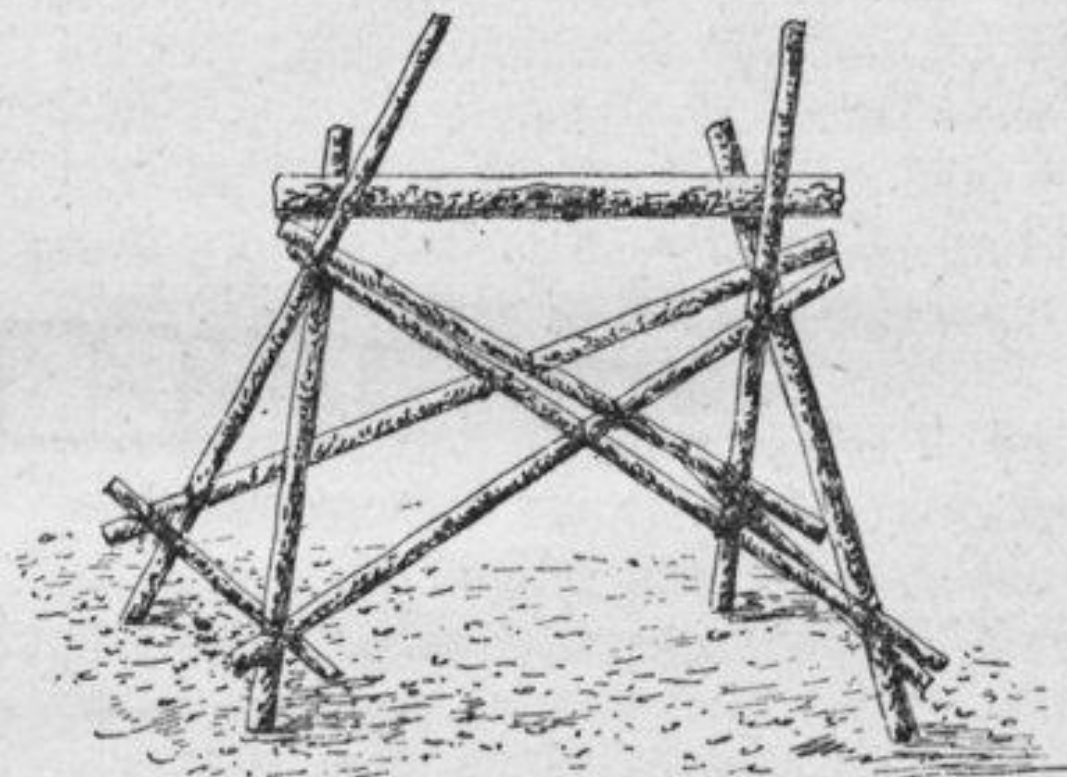


Fig. 619.

Un semblable chevalet peut être construit en un quart d'heure par six hommes exercés, lorsque les matériaux sont à pied d'œuvre.

Si le fond est vaseux, on munit les pieds de semelles en madriers, qui sont simplement cloués sous les extrémités inférieures des pieds accouplés.

La construction de cette passerelle se fait par les mêmes procédés que celle des ponts de chevalets ordinaires ; toutefois la méthode au moyen de longuerines est

employée de préférence, parce qu'elle est plus expéditive.

Les longuerines dont on fait usage, dans ce cas, sont des perches de 6 à 7 mètres de longueur et de 0^m,15 de diamètre, portant un taquet cloué à leur petit bout et munies à leur autre extrémité de deux bras fixés par des brélages.

Les travées n'ont que 3 mètres de longueur, le tablier est formé de madriers, de rondins ou de fascines reposant sur trois cours de fortes perches de 0^m,12 à 0^m,15 de diamètre, fixées sur les chapeaux par des brélages, des clameaux ou des taquets.

Les garde-fous se composent d'une perche formant lisse, clouée ou brélée sur les pieds des chevalets prolongés à cet effet à 0^m,80 au-dessus du tablier.

La construction d'une travée de 3 mètres demande environ vingt minutes à un détachement de vingt hommes.

§ 4. — Passerelles sur chevalets bigues.

1141. Construction. — Les chevalets employés comme supports se composent d'un chevalet primitif (*fig. 620*) que l'on

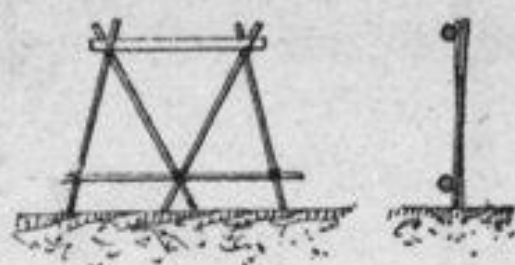


Fig. 620.

construit à terre, et de deux arcs-boutants destinés à consolider le système après sa mise en place (*fig. 621*).

Ces chevalets sont construits au moyen de perches de mêmes dimensions que celles des chevalets à quatre pieds, et reliées entre elles par des brélages en cordes ou en fil de fer.

Les perches servant de poutrelles de tablier sont munies, à leurs extrémités, de griffes faciles à improviser au moyen de

deux taquets cloués, ou de deux chevilles séparées par un intervalle égal au diamètre du chapeau qu'elles doivent embrasser.

Le chevalet primitif est mis en place au moyen d'une rampe formée de deux perches appuyées par une de leurs extrémités sur la culée ou sur le chapeau du

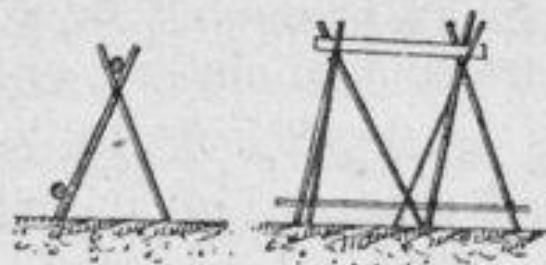


Fig. 621.

dernier support en place, et reposant à l'autre bout sur le fond à 3 mètres environ en avant. Afin que la rampe ne puisse pas flotter, l'extrémité de ces deux perches qui s'appuie sur le fond est appointée, pour pouvoir pénétrer dans le sol. On couche le chevalet sur la rampe de manière que ses

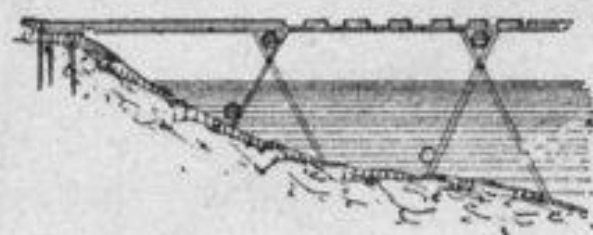


Fig. 622.

pieds reposent sur le fond de la rivière, puis on le dresse à l'aide de gaffes et des deux poutrelles extrêmes du tablier, dont on engage les griffes antérieures sur le chapeau. On pousse au large jusqu'à ce que les griffes postérieures puissent embrasser le chapeau du dernier support mis en place ; dans cette position, le chevalet primitif doit être fortement penché en avant. On le consolide en engageant sur le chapeau les arcs-boutants, dont on enfonce l'extrémité inférieure dans la vase à l'aide de quelques coups de masse. Pendant toute l'opération, on agit sur des cordes fixées du chapeau pour empêcher le renversement du chevalet.

Le tablier s'achève comme d'habitude (*fig. 622*).

Les travées ont ordinairement 3 mètres de longueur.

§ 5. — Passerelles sur chevalets-palées.

1142. Construction. — Le chevalet-palée se compose de deux pieds de 0^m,10 à 0,15 de diamètre, appointés par le bas et inclinés de 6/1 sur la verticale; d'un chapeau de 3 mètres à 3^m,50 de longueur sur 0^m,15 à 0^m,20 de diamètre, enfin de deux écharpes de 0^m,08 à 0^m,10 de diamètre, destinées à assurer l'invariabilité du système (*fig.* 623).

Toutes ces pièces sont réunies au moyen de brélages en corde ou en fil de fer.

Le temps nécessaire à la construction d'un semblable chevalet est de 10 minutes par une brigade de 4 hommes.

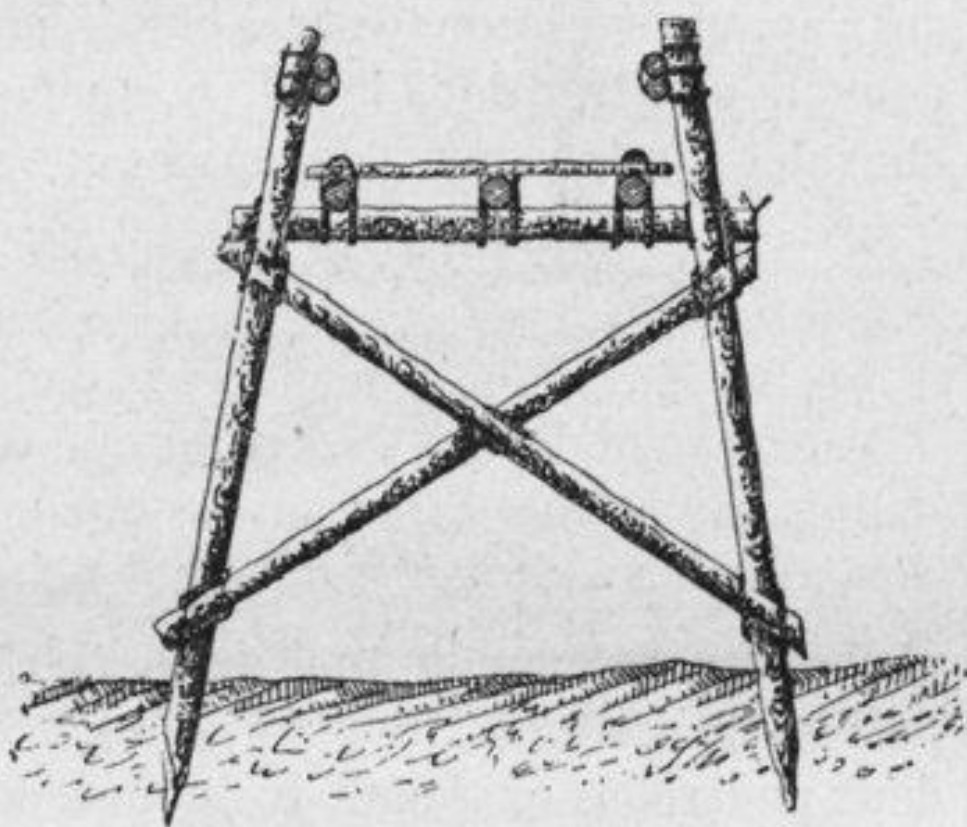


Fig. 623.

Les chevalets-palées sont mis en place, au moyen d'une rampe analogue à celle qui a été décrite au paragraphe précédent. Le chevalet est dressé et maintenu dans la position verticale, à l'aide de gaffes; on pose alors les poutrelles du tablier, puis on enfonce les pieds dans le fond du cour d'eau, au moyen de quelques coups d'un mouton à bras.

Malgré cette opération qui fait jouer au chevalet le rôle d'une palée, il est bon que les poutrelles embrassent les chapeaux au moyen de griffes, ou soient fixées dessus à l'aide de brélages en corde ou en fil de fer.

Lorsque la nature vaseuse du lit fait

craindre un enfoncement trop considérable des pieds, on munit ceux-ci de semelles placées à 0^m,50 de l'extrémité inférieure. Il est nécessaire alors de consolider le système au moyen de croix de St-André, réunissant les pieds de chaque chevalets à ceux de ses voisins.

Le temps employé à construire une travée de 3 mètres de longueur par un détachement de dix-huit hommes est d'environ 20 minutes, tous les matériaux nécessaires étant à pied d'œuvre.

Ce genre de passerelle peut être employé avantageusement lorsque la nature du fond ne s'oppose pas à l'enfoncement des pieds. Le support n'est pas aussi stable que le chevalet à 4 pieds, mais il exige un peu moins de bois pour sa construction.

§ 6. — Passerelles sur chevalets-belges.

1143. Construction. — Le *chevalet belge* se compose de deux trépieds dont l'écartement est maintenu à la partie inférieure par trois traverses, et qui

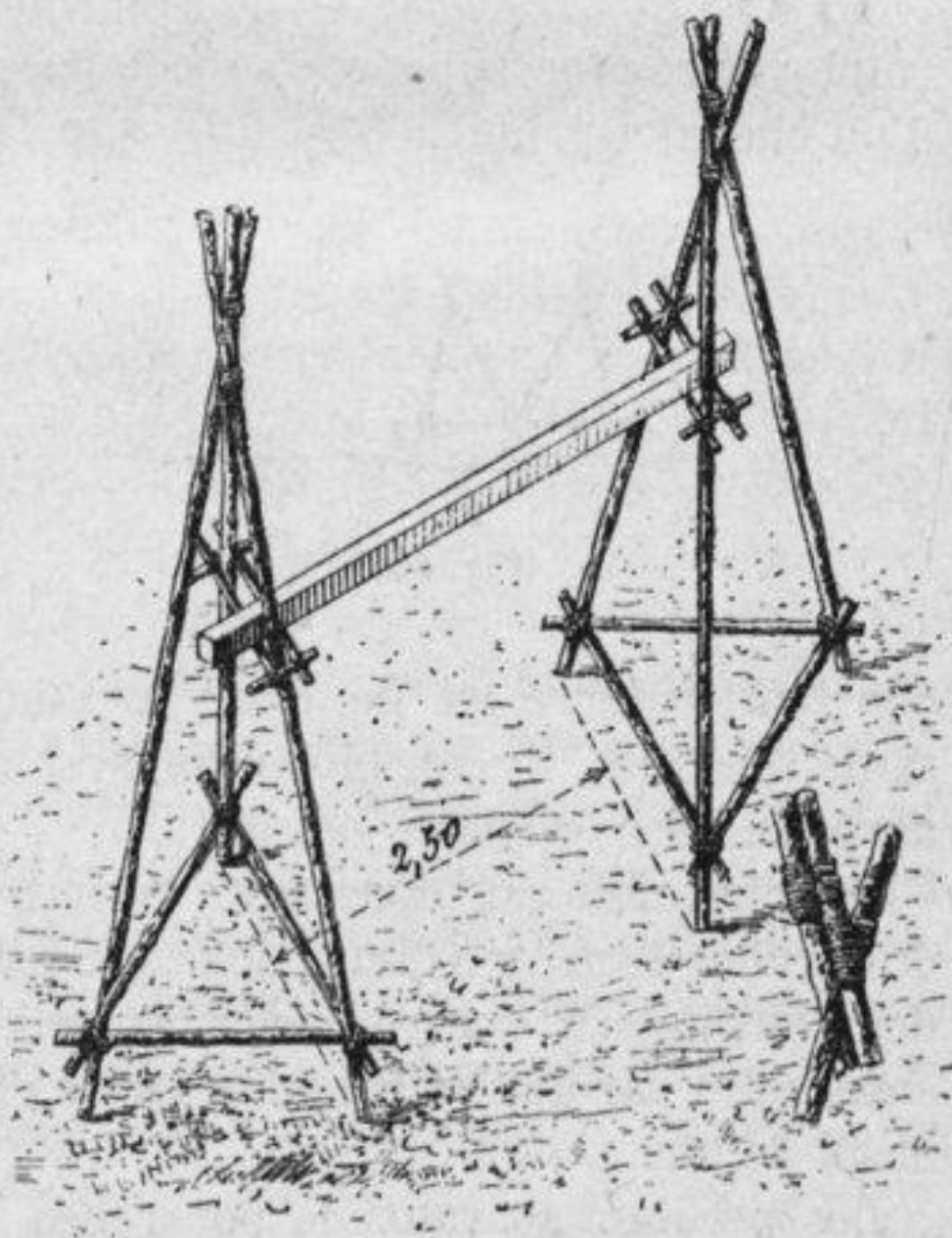


Fig. 624.

portent, à une certaine hauteur, une tra-

verse ordinairement composée de deux pièces moisées reposant sur des échantignolles ; cette traverse sert à supporter une des extrémités du chapeau ; il faut deux trépieds pour constituer un support (*fig. 624*).

Les perches employées sont de même diamètre que pour les autres chevalets, mais de longueur plus grande pour les pieds. Les diverses parties sont reliées par des ligatures en corde.

Chaque trépied est mis en place séparément et orienté de façon que sa partie supérieure soit parallèle à l'axe du pont et située du côté de celui-ci. La mise en place peut se faire au moyen de longuerines ou de rampes, mais le plus souvent on fait mettre des hommes à l'eau pour effectuer à bras le placement de chaque trépied.

Lorsque les deux trépieds d'un même support sont en place, on pose le chapeau sur la traverse supérieure et on brèle. Le tablier s'achève de la manière ordinaire.

Ce genre de support se prête facilement à l'exhaussement ou à l'abaissement du chapeau, même lorsque la construction est terminée, ce qui constitue un avantage précieux dans le cas de crue subite ou de baisse des eaux, comme cela a lieu dans les cours d'eau des Pays-Bas et du nord de l'Allemagne, où l'influence de la marée se fait sentir à grande distance. C'est pour cette raison que les Belges ont adopté des chevalets de ce genre, mais construits régulièrement et avec assemblages, pour leurs équipages de pont.

Le déplacement du chapeau peut se faire en soulevant celui-ci au moyen de deux palans qu'on suspend au sommet des trépieds. Les traverses supérieures se trouvent ainsi dégagées et l'on peut alors les exhausser ou les abaisser de la quantité nécessaire.

§ 7. — Passerelles sur petits pilots.

1144. Construction. — On peut aussi,

lorsque le fond n'est pas de roc, construire des passerelles au moyen de palées formées de deux pieux chacune ; ces pieux sont enfoncés de 0^m,80 dans le fond de la rivière ; leur longueur doit être suffisante pour qu'ils dépassent de 0^m,80 au moins le niveau du tablier, afin que l'on puisse y clouer des coins de lisse pour former les garde-fous.

Les chapeaux et les écharpes sont brêlés aux pieux au moyen de solides ligatures en cordes ; les chapeaux sont en outre soutenus par des clameaux ou par des taquets cloués au-dessous (*fig. 625*).

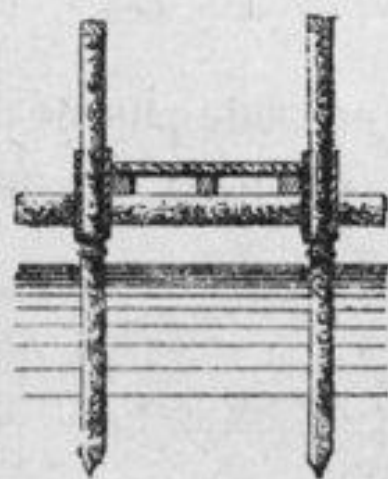


Fig. 625.

L'espacement des palées dépend uniquement des dimensions des poutrelles ; il y a donc intérêt à choisir celles-ci de fortes dimensions, soit 0^m,12 à 0^m,15, de diamètre, afin de pouvoir diminuer le nombre de palées.

§ 8. — Passerelles avec étais.

1145. Construction et emploi. — Lorsqu'on dispose de pièces de bois assez longues pour pouvoir reposer sur les deux rives, mais trop faibles pour pouvoir porter la charge du pont, on peut, dans la plupart des cas, les étayer en un ou plusieurs points de leur longueur, en les reliant par un chapeau fixé en dessous et supporté, de chaque côté de la passerelle, par des pieux verticaux portant sur le fond du cours d'eau et contreventés par des arcs-boutants obliques reliés aux étais et au chapeau (*fig. 626*).

Les chapeaux sont brêlés sur ces pieux et maintenus, en outre, par des clameaux ou des taquets cloués en dessous.

Lorsque le lit est vaseux, on munit les pieux de semelles pour répartir la charge sur une plus grande surface.

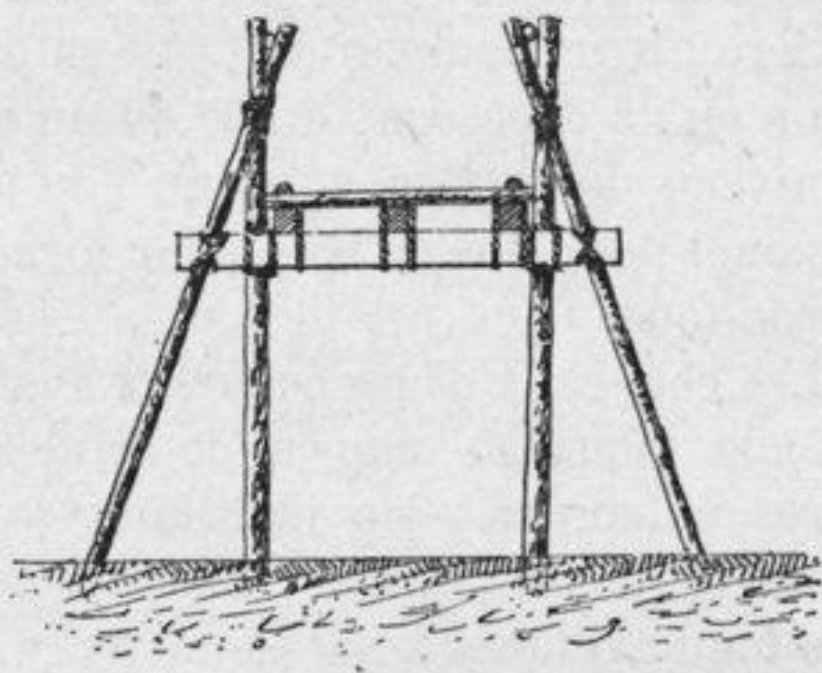


Fig. 626.

Si l'on ne possède pas de pieux de fortes dimensions, on peut en accoupler deux

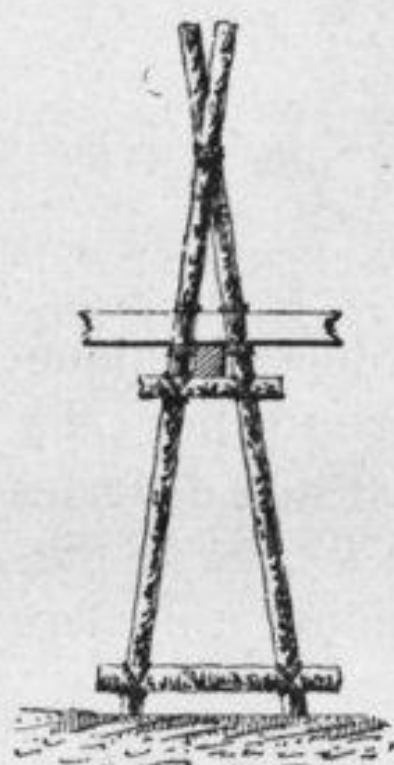


Fig. 627.

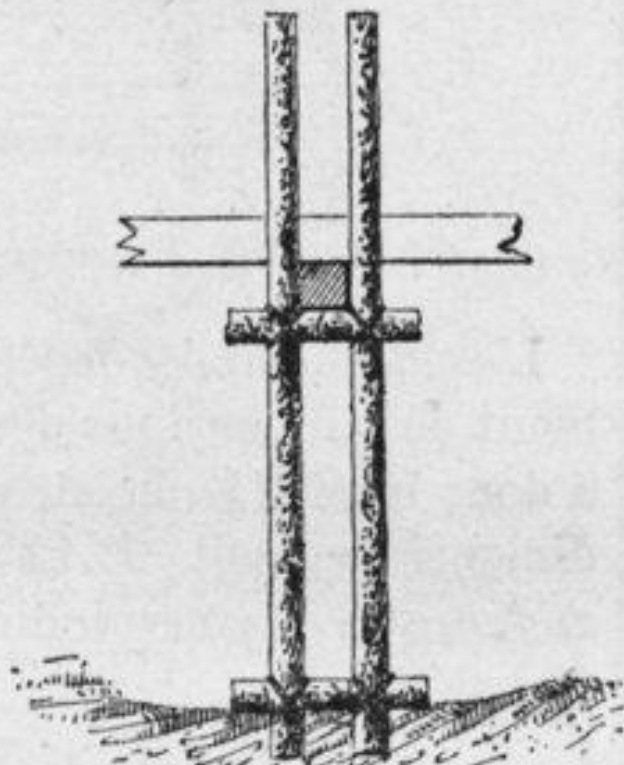


Fig. 628.

comme l'indiquent les dispositifs représentés par les figures 627 et 628.

§ 9. — Passerelles sur bateaux pliants.

1146. Emploi. — Les canots ou bateaux pliants employés primitivement sont de l'invention d'un pasteur protestant anglais, M. Berthon. Ils sont formés de membrures en bois à articulations, arc-boutant d'une part sur le plat bord, de l'autre sur le plancher. Des lisses en bois mince reçoivent un double bordé, composé à l'intérieur d'une seule épaisseur de toile et à l'extérieur de deux

épaisseurs. Une mâchoire fixe à la partie inférieure, l'armature qui maintient l'embarcation ouverte.

Les expériences ont prouvé que ces bateaux, d'ailleurs d'un transport délicat, ne pouvaient servir un certain nombre de fois sans se détériorer rapidement et sans exiger de nombreuses réparations, difficiles à effectuer en campagne.

Leur poids est, en outre, de 270 kilogr.

On a cherché à remédier aux divers inconvénients signalés, et l'on a trouvé, à l'École du génie de Versailles, un bateau pliant plus pratique, plus facile à mettre en œuvre, plus léger (155 kilogrammes au lieu de 270), plus simple, plus facile à réparer.

Ces bateaux sont mis en place comme supports, à des distances variant avec le matériel de poutrelles ou de tablier dont on dispose, et qui doit être très léger. Leur montage et leur mise en place se fait avec une très grande rapidité.

§ 10. — Passerelles de ponts-volants et de bateaux-pliants.

1147. Emploi. — Dans ce genre de passerelles, les bateaux-pliants sont employés comme supports ; les ponts-volants ainsi que les palées sont employés comme travées.

Les portées respectives sont de 14^m,75 et de 9 mètres, suivant qu'on emploie les ponts-volants ou les travées comme palées.

Les bateaux-pliants sont équipés au moyen de trois poutrelles à griffes de 2 mè-

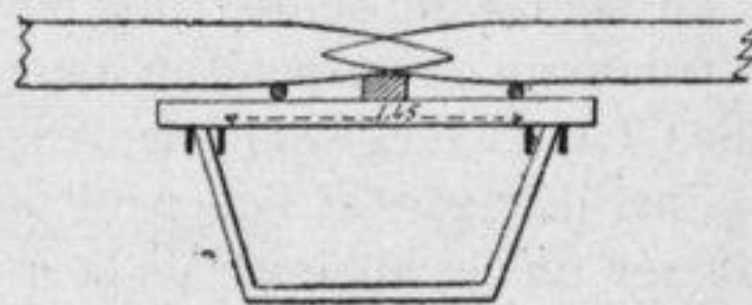


Fig. 629.

tres de longueur, placées de façon à pouvoir emboîter les deux plats-bords du bateau. — On place deux de ces poutrelles

en travers du bateau, à égale distance du centre de gravité, et la troisième au-dessus de l'axe du bateau (*fig. 629*).

On brèle les poutrelles au bateau et entre elles ; chaque bateau doit en outre porter deux rondins de calage de 1^m,50 de longueur et 0^m,06 à 0^m,08 de diamètre.

Les deux poutrelles composant le pont-



Fig. 630.

volant sont assemblées comme il a été dit précédemment paragraphe 3.

On place trois montants de palée à une distance de 0^m,60, et on les réunit par huit rondins de 0^m,06 également espacés, sur lesquels on place deux cours de planches. Il faut doubler les rondins aux extrémités des planches et clouer celles-ci pour donner la stabilité au tablier (*fig. 630*).

Pendant ce travail préliminaire, on tend une cinquenelle à 3 mètres en amont de l'axe de la passerelle. On y amarre chaque bateau une fois mis en place. La construction d'une travée de 14^m,75 de longueur est faite en cinq minutes par une brigade de vingt hommes.

§ 11. — Passerelles diverses.

1148. Passerelles sur voitures. — On peut aussi former des passerelles avec des voitures disposées comme il a été dit n° 1059. Si le courant n'est pas bien fort,

on peut aussi placer les voitures dans le prolongement l'une de l'autre en travers du cours d'eau, en ayant soin de bien caler les roues.

Le tablier est constitué par le fond des voitures, que l'on relie par quelques madriers.

1149. Passerelles sur buses de gabions.

— Pour permettre le passage de l'infanterie par deux hommes de front, on peut, au lieu de former une digue complète en buses de gabions (n° 1062), se borner, au moyen de buses isolées, à constituer quelques supports, sur lesquels on appuie les poutrelles du tablier.

1149 bis. Passerelle roulante. — Pour les cas où l'on a intérêt à intercepter et à rétablir rapidement et fréquemment un

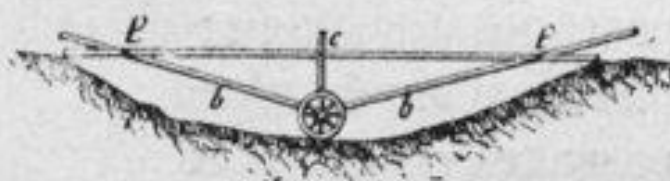


Fig. 631.

passage, on peut avoir recours au genre de passerelle roulante représenté figure 631. Le tablier de 1 mètre de largeur repose sur deux longerons *l*, supportés à leurs deux extrémités par des arcs-boutants *b* et en leur milieu par une chandelle verticale *c*. On fixe solidement les chandelles et les arcs-boutants à un essieu muni de ses deux roues, et l'on peut alors placer ou déplacer le système comme une voiture.

CHAPITRE XIII

MOYENS ACCESSOIRES DE FRANCHIR LES COURS D'EAU

1150. Espèces de moyens. — Indépendamment des ponts et des passerelles, les armées emploient encore d'autres moyens pour franchir les cours d'eau, selon les circonstances, le temps et les ressources dont elles disposent. Ces moyens sont les suivants :

- 1° Les passages à gué ;
- 2° Les passages à la nage ;
- 3° Les passages sur la glace ;
- 4° Les passages en bateaux ;
- 5° Les passages sur les radeaux ;
- 6° Les ponts-volants ;
- 7° Les traîlles ;
- 8° Les bacs.

§ 1. — Passages à gué.

1151. Conditions d'emploi. — Pour qu'un gué soit praticable pour l'artillerie et les voitures dont le chargement craint l'humidité, il ne faut pas que la profondeur dépasse 0^m,65 ; pour l'infanterie cette profondeur ne doit pas dépasser 1 mètre, et pour la cavalerie 1^m,30.

Il est nécessaire que les gués présentent des débouchés faciles sur chaque rive, un fond uni et ferme ; il faut en outre que le courant ne soit pas trop fort et que la rivière ne soit pas sujette à des crues subites, capables de faire disparaître le gué.

L'emplacement des gués est indiqué le plus souvent par les routes qui y aboutissent. Ils se trouvent souvent aux points d'inflexion situés entre deux coudes de la rivière, mais ils y en a aussi dans les parties droites du cours d'eau.

Quand on ne peut se procurer des renseignements dans le pays, le meilleur moyen de reconnaître les gués est de descendre la rivière en suivant le courant, dans une nacelle munie d'une sonde de 1^m,30. Quand la sonde touche le fond, on s'arrête et on fait un sondage dans le sens de la largeur pour voir si le gué est continu et s'il peut être utilisé.

Si le fond du gué est mouvant ou présente des trous profonds, on le consolide et on l'égalise au moyen de fascines foncées de pierres. On emploie ce même moyen pour exhausser le fond lorsque certaines parties du cours d'eau, de faible longueur, ne sont pas guéables.

1152. Précautions. — Une bonne précaution est de tendre au travers du cours d'eau, en aval du gué, une corde maintenue au-dessus de l'eau par des bouées de manière que, si des hommes sont entraînés, ils puissent s'y accrocher.

Quand le courant est rapide, il est nécessaire de baliser le gué dans toute son étendue, au moyen de deux rangées de pieux qui jalonnent le passage à droite et à gauche, et de relier ces pieux, surtout ceux d'aval, par des perches ou par des cordes. — Il est bon aussi de mettre de petites barques en aval, si on en a à sa disposition.

Lorsque les troupes franchissent un gué l'infanterie passe en premier lieu, puis l'artillerie et les voitures, et enfin la cavalerie. De cette façon, on évite que les chevaux n'approfondissent le gué et ne le rendent impraticable pour l'infanterie.

Lorsque le courant est rapide, les troupes s'engagent par petits pelotons serrés, laissant entre eux de larges intervalles. On recommande aux hommes de ne pas regarder la surface de l'eau dont le mouvement pourrait leur donner le vertige.

Pour obstruer un gué, on peut le barrer par des abatis, des herses de laboureur, des piquets, des chausse-trapes ou autres obstacles analogues.

On peut aussi le barrer en y creusant des fossés ou des trous profonds disposés en quinconce.

§ 2. — Passage à la nage.

1153. Conditions. — Le passage des cours d'eau à la nage n'est guère praticable que pour la cavalerie; pourtant des détachements d'infanterie composés de bons nageurs ont souvent été utilisés pendant les guerres du commencement de ce siècle, pour reconnaître les rivières, pour surprendre l'ennemi, ou pour protéger la construction du pont.

On choisit, pour les passages à la nage, les points où le courant est le moins rapide, et où les rives sont plates.

La cavalerie s'engage dans l'eau par escadron de front, de manière que les hommes et les chevaux se soutiennent mutuellement. — Elle ne cherche pas à lutter contre le courant, mais traverse en dérivant un peu. Pendant le passage, les cavaliers soutiennent la tête des chevaux et se penchent sur l'encolure en relevant les jambes, de manière à ne pas renverser les chevaux.

On laisse de grands intervalles entre les masses successives qui traversent le cours d'eau, afin de ne pas former barrage.

Ce mode de passage n'est employé que pour un petit nombre d'escadrons.

§ 3. — Passages sur la glace.

1154. Condition. — Il suffit d'une épaisseur de glace de 0^m, 08 pour que l'infanterie puisse passer par files ouvertes;

de 0^m, 12 pour la cavalerie et l'artillerie de campagne équipée sur traîneaux; de 0^m, 15 pour les pièces d'artillerie attelées et pour les voitures lourdes.

Les troupes défilent régulièrement et sans s'arrêter, les chevaux sont tenus en main, les voitures conservent entre elles une grande distance.

Il est bon de recouvrir la glace d'une légère couche de terre, de sable, de fumier ou de paille, pour empêcher les hommes et les chevaux de glisser.

Quand l'épaisseur de la glace n'est pas tout à fait suffisante pour porter directement les voitures, on transporte celles-ci sur des traîneaux, qu'on peut improviser simplement en glissant un madrier sous les deux roues de chaque côté et en calant fortement celle-ci sur les madriers.

Les voitures ainsi équipées sont traînées à bras d'hommes. Si la gelée continue, il est facile d'augmenter rapidement l'épaisseur de la glace, en arrosant d'eau des couches successives de paille qu'on place sur la glace déjà formée.

Ce mode de passage, bien qu'assez précaire, a été pourtant fréquemment employé par les armées opérant dans les pays du Nord, pour franchir des rivières et même des bras de mer.

§ 4. — Passage en bateaux.

1155. Infanterie. — Tous les bateaux peuvent servir au passage de l'infanterie; suivant leurs dimensions on détermine pour chacun d'eux le nombre d'hommes qu'il peut porter; ce nombre est de 25 pour les bateaux des équipages de ponts: 18 sont assis sur les bancs et 7 sur les genoux des premiers. Les hommes entrent par l'avant et garnissent les bancs en commençant par l'arrière, le fusil entre les jambes; les bretelles du sac allongées de manière que le dessous des sacs portent sur les plats-bords. On recommande aux hommes d'observer le plus grand ordre et le plus grand silence, et de rester im-

mobiles à la place qui leur est assignée, quels que soient les mouvements du bateau. Pour débarquer, les hommes ne se lèvent que les uns après les autres, en commençant par ceux qui sont à l'avant.

1156. Cavalerie. — La cavalerie ne peut être embarquée que sur des portières ou sur des grands bateaux larges que l'on trouve rarement en campagne; on se contente d'embarquer les cavaliers tenant par la longe leurs chevaux qui passent en nageant, moitié de chaque côté du bateau. Les cavaliers soutiennent au besoin d'une main les chevaux avec la longe, et de l'autre main leur relèvent la tête. Si le courant est rapide, on dirige le bateau de manière à traverser en descendant et on ne passe les chevaux que du côté d'aval. Avec les bateaux réglementaires de l'équipage de ponts, on peut passer à chaque traversée 6 cavaliers avec leurs chevaux, dans le cas le plus favorable.

1157. Artillerie. — Il faut généralement démonter l'artillerie pour la transporter dans les bateaux ordinaires. Il est plus expéditif d'embarquer chaque voiture dans deux bateaux accouplés de la manière suivante :

Les bateaux sont placés bord à bord, les avant-becs tournés en sens inverse; ils sont réunis au moyen de commandes de guindages passés dans les trous des tollets. On place ensuite, dans chaque bateau, un plancher de trois poutrelles, réunies par trois clameaux, à une face reposant par leur extrémité antérieure sur la première courbe du bateau et soutenues vers le milieu par un chantier.

On établit une rampe aboutissant au niveau des nez des bateaux, on fait ensuite entrer la voiture par l'arrière-train, en dirigeant son axe sur la ligne de jonction des bateaux, puis on cale les roues lorsqu'elle est en place.

Les servants sont passés dans les mêmes bateaux que leurs pièces. Les conducteurs et leurs chevaux sont passés comme il a été dit pour la cavalerie.

§ 5. Passages sur des radeaux.

1158. Mesures à prendre. — Pour l'embarquement sur un radeau, la troupe occupe d'abord l'axe longitudinal puis s'étend ensuite symétriquement, à droite et à gauche, jusqu'à ce que le chargement soit complet. Le débarquement s'effectue en sens inverse.

Pour l'embarquement de l'artillerie et des trains, les voitures les plus lourdes sont toujours placées sur le milieu du radeau; les autres voitures, ainsi que les chevaux et les hommes, sont répartis le plus uniformément possible sur la surface.

Les radeaux dérivent plus que les bateaux; il faut avoir soin de choisir le point d'embarquement notablement en amont du point de débarquement, et d'autant plus que le courant est plus fort.

§ 6. — Ponts-volants.

1159. Genre et emploi. — Un pont-volant est un système de deux ou plusieurs

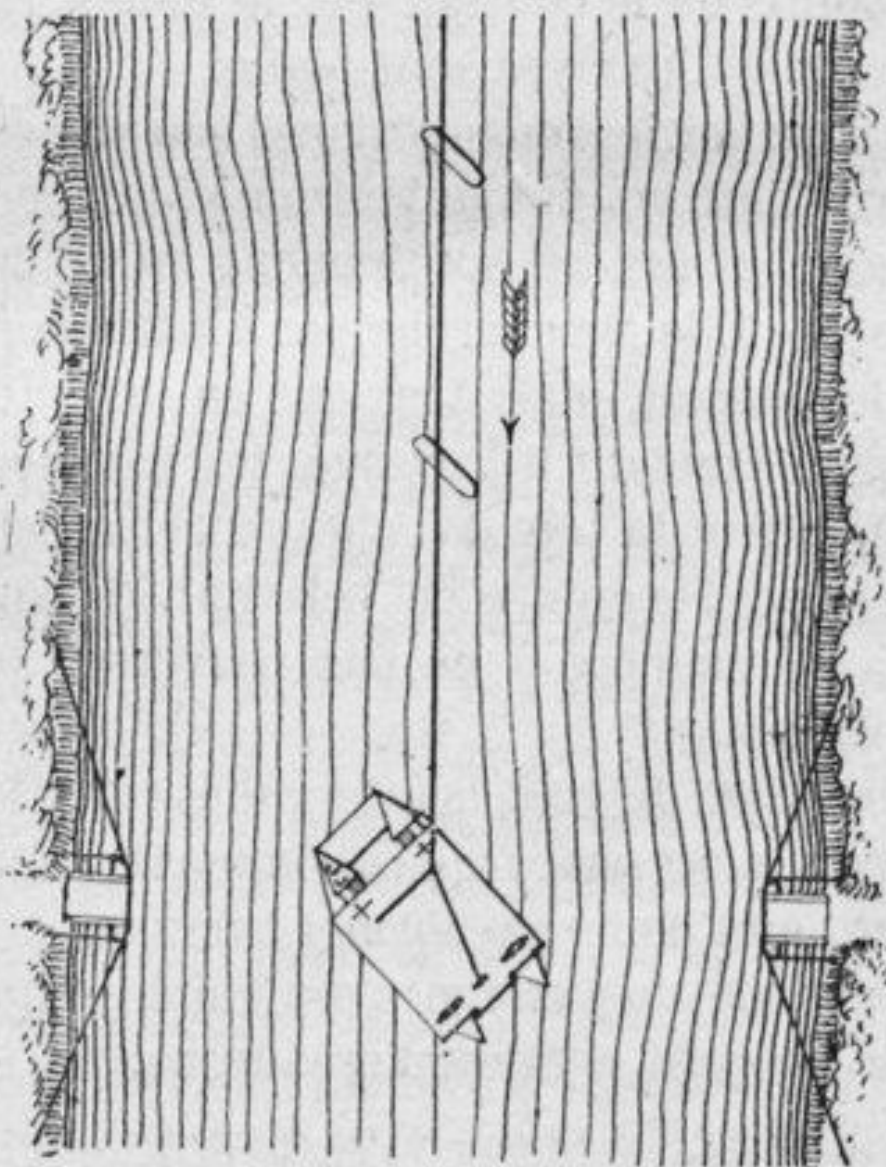


Fig. 632.

bateaux supportant un tablier; il est amarré en amont à un point fixe et on le fait osciller d'une rive à l'autre en présen-

tant obliquement un de ses longs côtés au courant. Il faut que la vitesse de la rivière dépasse 1 mètre par seconde, sans cela l'impulsion serait trop faible pour faire passer le pont-volant (*fig. 632*).

La force qui fait mouvoir le système est d'autant plus grande que la vitesse du courant est plus considérable; elle dépend aussi de l'inclinaison du bateau et du cordage par rapport au courant.

L'expérience a démontré que le courant imprime au pont-volant la plus grande vitesse quand le côté du pont qui se trouve en prise au courant fait avec celui-ci un angle de 45° à 55° ; toutefois cet angle ne doit pas rester invariable pendant toute la traversée; il est nécessaire de l'augmenter au moment du départ, et de le diminuer au contraire à l'arrivée, afin d'éviter les chocs trop violents.

En ce qui concerne la longueur du cordage d'ancre, qui relie le pont volant au point fixe, il y aurait intérêt, au point de vue de la durée du trajet, à ce qu'il fût le plus long possible, mais pour que ce cordage ne trempe pas dans l'eau, on est forcé de le soutenir par des bouées ou par de petites nacelles, qui agissent comme force accélératrice dans la partie descendante et comme force retardatrice dans la seconde moitié du trajet. L'expérience a fait reconnaître que la longueur la plus convenable à donner au cordage d'ancre est de une fois et demie à deux fois la largeur du cours d'eau.

L'ancre destinée à retenir le pont est ordinairement mouillée au milieu de la rivière; cependant si le plus fort courant ou thalweg n'est pas à égale distance des deux rives, on rapproche le point d'amar-

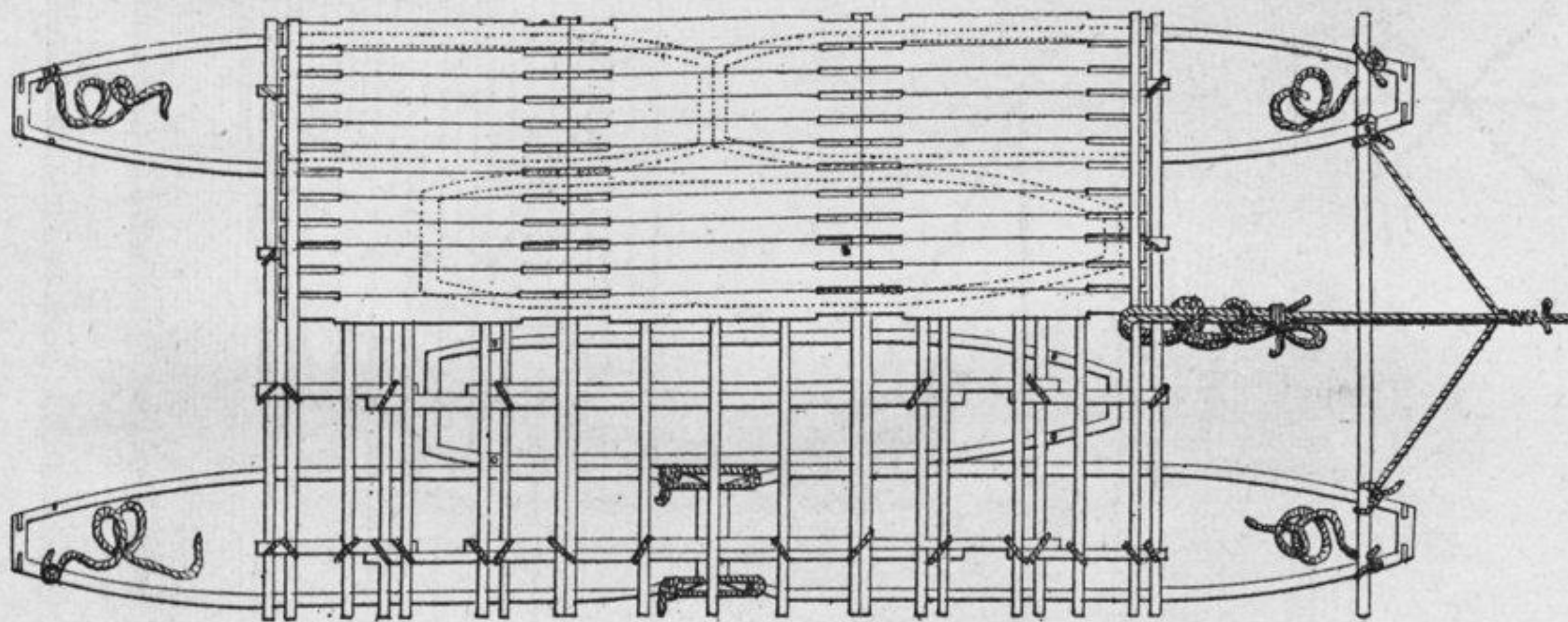


Fig. 633.

rage de la rive la plus éloignée du thalweg.

Quand la rivière fait un coude en amont, on établit le point fixe à terre, sur la rive concave; le cordage d'attache est alors relevé et ne trempe pas dans l'eau.

Lorsque le cours d'eau est très large, on peut employer deux ponts-volants qui viennent aboutir à une portière fixe solidement ancrée au milieu de la largeur. Les

points fixes sont alors généralement établis sur les rives, ou de chaque côté.

Le pont-volant est ordinairement formé d'une portion de deux bateaux longs, étroits, profonds et à parois verticales, de manière à donner plus d'efficacité à l'action du courant. On éloigne les deux bateaux le plus possible, non seulement pour augmenter la stabilité du système, mais aussi pour permettre au courant d'agir

sur les bordages des deux bateaux. Le tablier est construit de la manière habituelle ; il est entouré d'un garde-fou.

On peut construire un pont-volant très solide avec les bateaux des équipages du pont, en formant une portière de six bateaux assemblés par groupe de trois, comme l'indique la figure ci-contre (fig. 633).

Ce pont peut passer deux cents hommes d'infanterie avec armes et bagages, ou deux pièces d'artillerie de campagne avec leurs canonniers et douze chevaux d'attelage.

Aux points d'abordage, on construit des culées aux débarcadères établis sur des ra-

deaux ou des chevalets. Lorsque le pont approche des culées, on ralentit sa vitesse, en lui faisant prendre peu à peu une direction parallèle à la rive, pour éviter les chocs à l'arrivée.

Une précaution essentielle est d'avoir sur le pont une ou deux fortes ancres prêtes à être mouillées, afin de l'empêcher d'être emporté à la dérive, si le câble qui le retient vient à se rompre, ou si le point d'ancrage vient à céder.

§ 7. — Trailles.

1160. *Genre et emploi.* — La traille est une portière ou un radeau retenu par

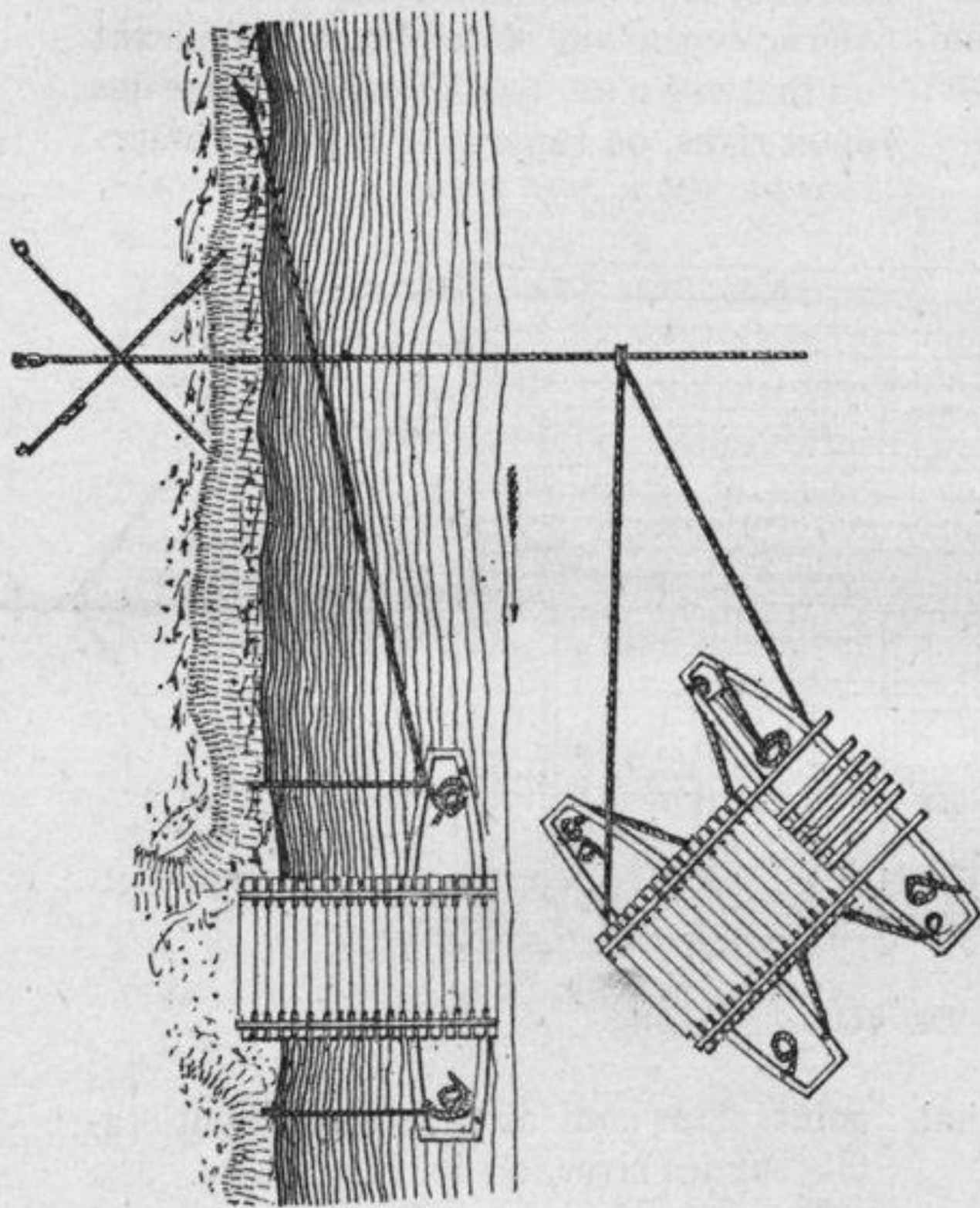


Fig. 634.

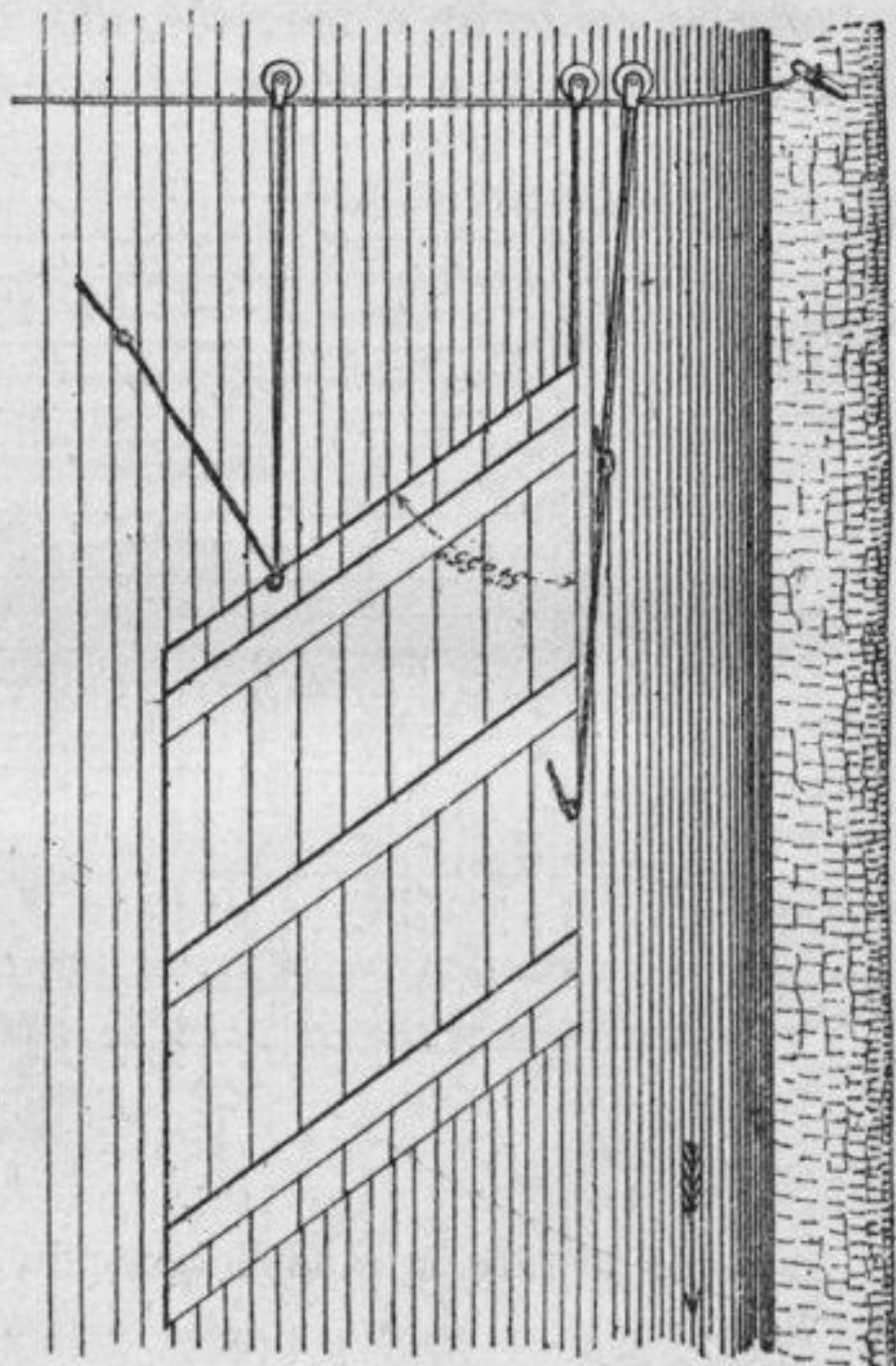


Fig. 635.

une bride passée dans une moufle qui se meut le long d'un câble tendu d'une rive à l'autre. La traille traverse par l'action du courant qui frappe obliquement les bateaux inclinés à 45° ; elle ne s'établit que

sur des rivières rapides et d'une largeur ne dépassant pas 100 à 120 mètres, afin que le câble ne trempe pas dans l'eau, et qu'il ne présente pas une courbure telle que dans la partie ascendante, le moufle

du traillé oppose une très grande résistance au mouvement (*fig. 634*).

Lorsque, au lieu d'un moufle de traillé, on n'a qu'une simple poulie, on fixe à son crochet un cordage que l'on amarre alternativement à l'un ou à l'autre des deux côtés de l'avant de la portière, suivant l'inclinaison qu'on doit lui donner.

Lorsque la traillé est constituée par une portière, on lui donne l'inclinaison voulue à l'aide des gouvernails de bateaux; dans le cas où elle est formée d'un radeau, celui-ci a la forme d'un losange dont l'angle aigu va de 45° à 55° (*fig. 635*); le radeau est relié au câble par trois brides, l'une partant du saillant et toujours tendue, les deux autres aboutissant au milieu des deux côtés d'amont, de manière qu'en

tendant l'une ou l'autre, on puisse faire mouvoir la traillé dans l'un ou l'autre sens. Il est clair que ce radeau est moins avantageux que la portière de deux bateaux, aussi n'est-il employé qu'à défaut de celle-ci.

Le câble tendu d'une rive à l'autre ne devant pas plonger est maintenu par deux potences sur les rives; il doit de plus être fortement tendu pour ne pas avoir une flèche trop grande.

§ 8. — Bacs.

1161. *Genre d'emploi.* — Le bac est un grand bateau plat, de forme rectangulaire et de peu de profondeur; le fond, relevé aux becs, offre deux parties com-

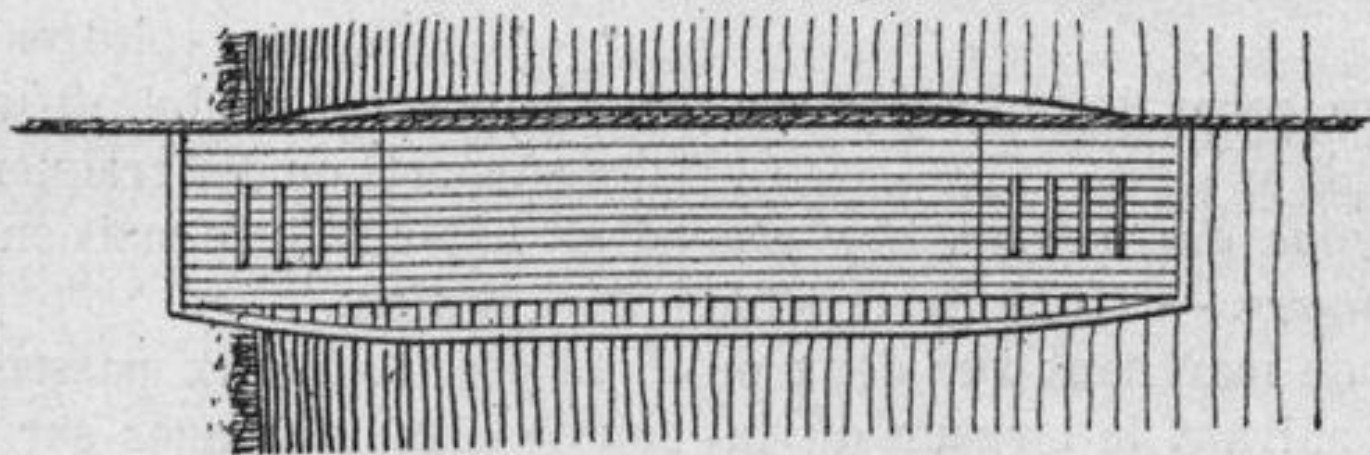


Fig. 636.

modos pour l'embarquement des chevaux et des voitures. On le fait passer en hâlant sur un câble tendu d'une rive à l'autre. Le cordage est très peu élevé au-dessus de l'eau, et peut même plonger. Le bac présente en amont, vers les angles, deux fourches pour recevoir le câble, avec des poulies ou cylindres mobiles, pour diminuer le frottement (*fig. 636*).

On n'établit pas de travées de culée, parce que le fond du bac, relevé vers le bec, offre un raccordement facile avec la rive; ses becs sont quelquefois munis d'une rampe mobile qui se rabat sur les rives et facilite l'entrée et la sortie des voitures, chevaux, etc. — Leurs courbes

sont recouvertes d'un plancher en mardiers.

Le bac ne peut être employé que sur des rivières à faible courant, contrairement à ce qui a lieu pour les ponts-volants et les traillés; son emploi est donc tout indiqué quand le peu de vitesse du courant ne permet pas d'utiliser les autres moyens de passage.

Lorsque la largeur de la rivière n'est que de 40 à 60 mètres, on peut passer rapidement des troupes en organisant un *va-et-vient*, c'est-à-dire en amarrant le bac à deux cordes sur chaque rive, et en hâlant alternativement sur l'une ou l'autre de ces cordes.

CHAPITRE XIV

CONSERVATION DES PONTS MILITAIRES

1162. Généralités. — Diverses causes peuvent occasionner des dégâts plus ou moins importants et même amener la destruction complète d'un pont militaire, si on n'y prend pas garde; ce sont les suivantes :

Le passage des troupes, des chevaux et des voitures ;

L'action des crues, des vents et des glaces ;

Les chocs des corps flottants, les brûlots, etc.

1163. Passage des troupes, des chevaux et des voitures. — L'infanterie défile sur les ponts en marchant sur deux ou quatre rangs, suivant la largeur du tablier. Les hommes rompent le pas en arrivant au pont, qu'il traversent rapidement, de manière à éviter l'encombrement.

La marche au pas aurait pour inconvénient d'imprimer un balancement latéral, qui irait en s'accroissant et finirait par disloquer le pont. Lorsque cet effet se produit, on interrompt momentanément le passage et on arrête les troupes engagées sur le pont.

La cavalerie passe sur deux rangs ; les officiers et la troupe mettent pied à terre et conduisent leurs chevaux au pas, en les tenant par la bride, très près du mors. On ne remonte à cheval qu'à quelque distance de la rive d'arrivée, afin de dégager le passage. Les chevaux produiraient un balancement plus considérable que les hommes, si on ne s'y opposait pas. On laisse un intervalle minimum de 30 pas entre les escadrons successifs.

Les voitures de toutes nature passent au

pas et une à une ; tout le monde met pied à terre, à l'exception des conducteurs de derrière de chaque voiture ; celles-ci suivent le milieu de la voie et sont séparées par des distances de 10 mètres au moins. On s'assure, avant le passage, que les voitures ne sont pas trop pesamment chargées ; si pourtant, malgré la surveillance, une de ces voitures était engagée sur le pont et produisait un affaissement des supports ou des craquements ; il faudrait hâter l'allure mais en évitant toute précipitation.

Si des troupeaux passent sur le pont on ne laisse s'engager sur le tablier que 5 ou 6 têtes de bétail à la fois, car ces animaux ont l'habitude de se serrer les uns contre les autres, ce qui pourrait produire en un point une charge trop forte à la fois.

L'infanterie, la cavalerie, les voitures ne doivent jamais traverser le pont côte à côte, ni se croiser.

1164. Action des crues. — On s'oppose à l'effet des crues en renforçant toutes les liaisons, en augmentant le nombre des points d'amarrage des supports, et en lâchant peu à peu les cordages d'ancre.

On peut aussi être conduit à exhausser les culées ou à ajouter des travées aux deux bouts du pont, si la rivière déborde ; si l'on a pas assez de matériel, il faut replier le pont.

Lorsque la crue diminue, on retend peu à peu les cordages d'ancre, on abaisse les culées, on remplace par des chevalets les bateaux qui reposent sur le fond, etc.

1165. Action des vents. — Pour résister aux vents, on renforce les moyens d'ancrage tant en amont qu'en aval, et l'on vide, au moyen d'écopés ou de pompes, l'eau qui s'introduit dans les bateaux.

1166. Action des glaces. — Les glaçons peuvent couper les cordages d'ancre et briser les supports. Pour préserver les cordages, on garnit la partie exposée d'un ficelage ou d'une enveloppe de toile, on la recouvre d'un chapiteau en bois ou en tôle. Lorsqu'on peut se procurer des chaînes, on les substitue aux cordages d'ancre.

On protège les bateaux par un revêtement de fortes planches à l'avant et sur les bordages; on peut aussi planter devant chaque bateau un pilot, qui sert à la fois de brise-glace et de point d'attache pour le bateau. On brise les glaçons et on facilite leur passage sous le pont à l'aide de gaffes; au besoin, on ouvre la portion de pont contre laquelle ils sont accumulés.

Quand on a à craindre une débâcle, il faut replier le pont. Nous avons indiqué (n° 1073), comment on organise les brise-glaces en avant des travées de ponts sur pilotis.

1167. Corps flottants, brûlots, etc. — Pour protéger les ponts contre le choc des corps flottants et les effets des brûlots ou des machines infernales, on barre la rivière par des estacades tendues en amont, on exerce une surveillance au moyen de postes d'observation, et, s'il y a lieu, on pratique des coupures dans le pont.

1168. Estacades. — Les estacades s'étendent à 1,000 ou 1,200 mètres en avant des postes, de façon à permettre d'arrêter les corps flottants qui les auraient rompues avant qu'ils n'atteignent le pont, ou de pratiquer dans celui-ci des coupures pour les laisser passer.

Ces estacades traversent la rivière obliquement; afin d'atténuer le choc des corps flottants et de faciliter leur échouage à la rive, on leur fait faire avec le courant un angle de 22° , ce qui conduit à leur donner une longueur égale à deux fois et demie la largeur de la rivière.

Il y a trois espèces d'estacades flottantes, les estacades fixes et les estacades mixtes.

1169. Estacades flottantes. — Les estacades flottantes se composent de plusieurs éléments ou pièces placés bout à bout et liés ensemble par des chaînes ou des cordages (fig. 637).

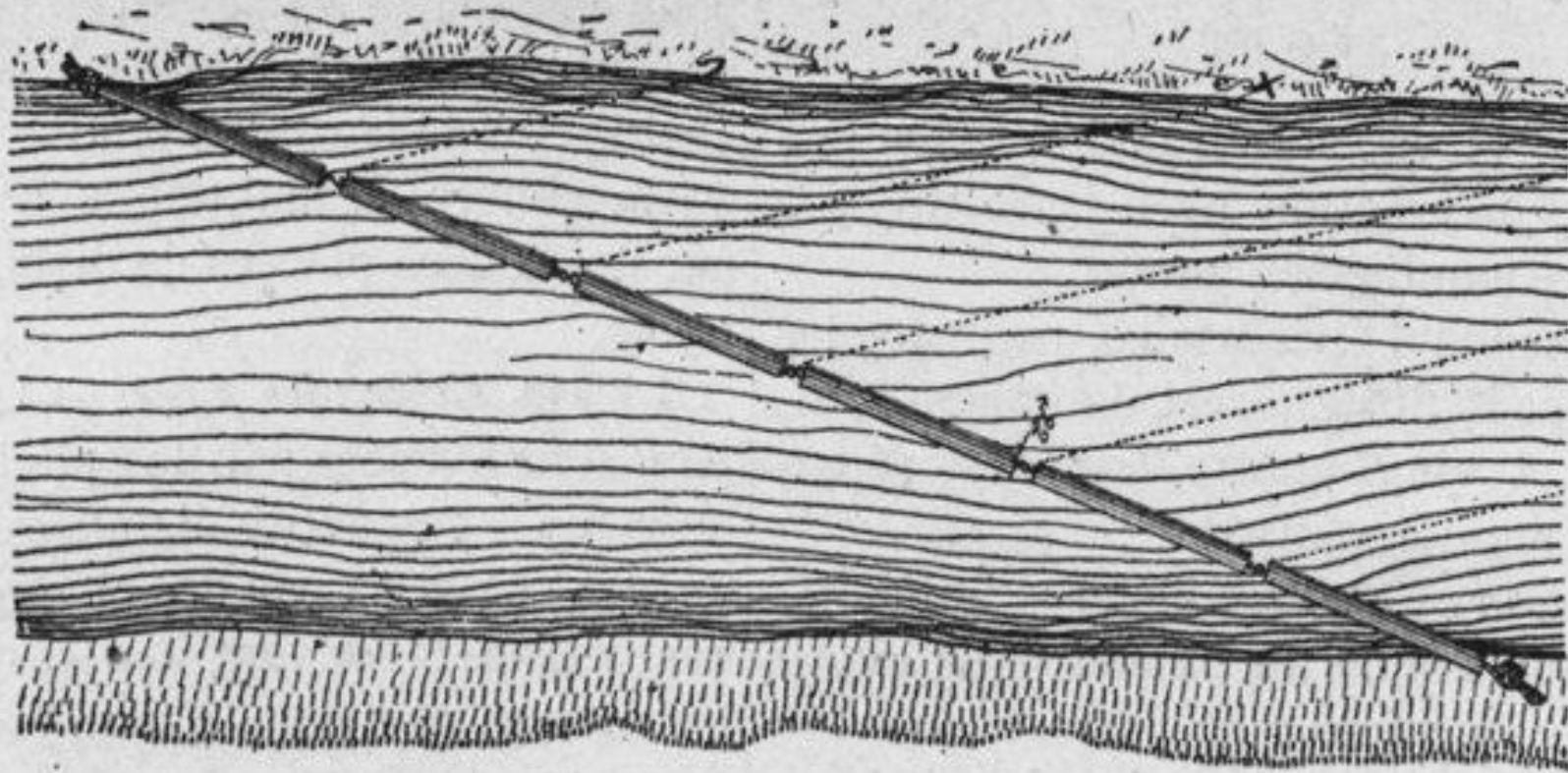


Fig. 637.

Chaque pièce est formée de un, deux ou trois gros corps d'arbres réunis par des liens en fer, par des clameaux à une face ou par des cordages. Lorsque la vitesse du courant est inférieure à $1^m,40$, les pièces n'ont qu'un seul arbre (fig. 638);

quand la vitesse est comprise entre $1^m,10$ et $1^m,50$, chaque pièce est formée de deux arbres (*fig. 639*); enfin quand la vitesse est supérieure à $1^m,50$, chaque

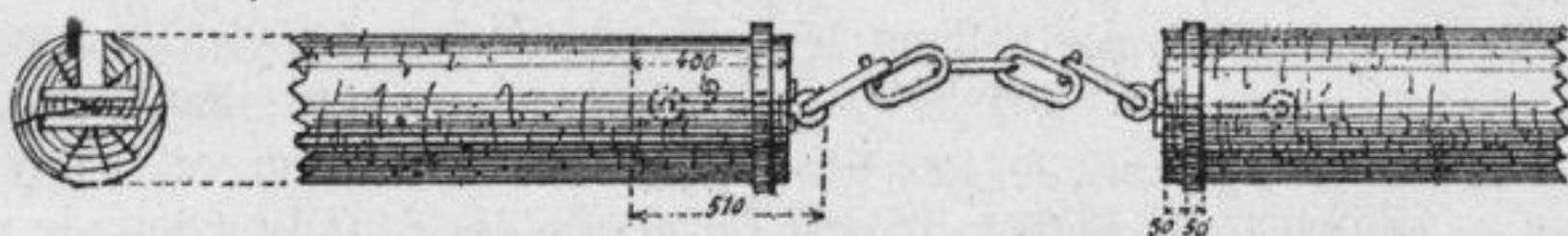


Fig. 638.

pièce est formée de trois arbres (*fig. 640*).

L'estacade est solidement amarrée sur chaque rive; le point d'arrivée sur la deuxième rive est en aval du point de départ

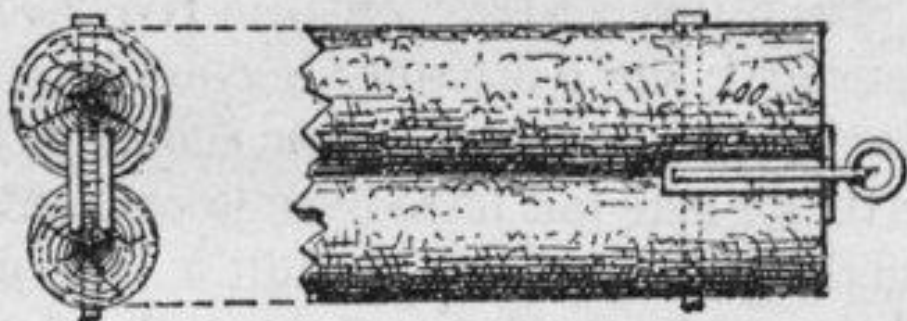


Fig. 639.

sur la première rive d'une quantité égale à deux fois à peu près la largeur de la rivière.

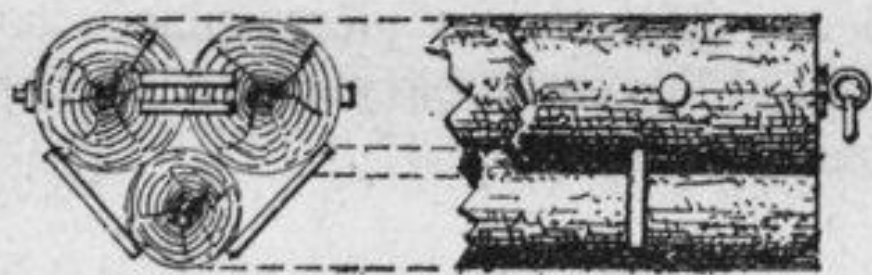


Fig. 640.

Chaque pièce est, en outre, retenue à son point de jonction avec la voisine par une ancre mouillée en amont.

Le personnel nécessaire pour tendre une estacade flottante est de quatre sous-officiers et vingt-quatre hommes, répartis de la manière suivante :

1^{re} section : un sous-officier et huit hommes, montés dans un bateau pour placer les pièces impaires ;

2^e section : un sous-officier et huit hommes, montés dans un bateau pour placer les pièces paires ;

3^e section : un sous-officier et quatre hommes, montés dans un bateau pour mouiller les ancres impaires ;

4^e section : un sous-officier et quatre hommes, montés dans un bateau pour mouiller les ancres paires.

La première section plante d'abord une pièce sur la première rive et y fixe un bout de la première pièce; puis elle amarre un bateau à l'autre bout. La troisième section mouille une ancre et donne le bout du cordage aux hommes de la première section; ceux-ci hâlent sur ce cordage pour placer la pièce, puis ils l'amarrèrent à la chaîne de jonction des première et deuxième pièces. Les deuxième et quatrième sections agissent de même pour les pièces paires, et la construction se continue ainsi en alternant.

On replie l'estacade par la méthode inverse à celle qui a été employée pour la construction.

A défaut de corps d'arbres ou de temps pour construire les pièces, on peut former des estacades plus simples, au moyen de chaînes ou de cordages tendus en travers de la rivière et maintenus à fleur d'eau par des bouées placées de distance en distance.

1170. Estacades fixes. — Les estacades fixes sont formées par des pilots enfoncés au refus à une petite distance les uns des autres, et réunis par des chapeaux ou par des moises; souvent on les dispose en quinconce, et même, quand le courant est fort, on en forme de véritables palées pour donner plus de force à l'obstacle.

1171. Estacades mixtes. — Les estacades mixtes sont formées d'une rangée de forts pilots, enfoncés au refus à une distance les uns des autres égale à la lon-

gueur d'une pièce ; ces pilots servent de points d'appui à des corps d'arbres flottants, retenus par des chaînes assez lâches pour leur permettre de s'élever ou de s'abaisser avec le niveau des eaux.

Ce système a l'avantage de permettre d'établir rapidement des coupures pour la navigation.

1172. GARDE DES PONTS. — Indépendamment des moyens matériels de protection qui viennent d'être décrits, on exerce encore une surveillance continuelle sur les ponts et leurs abords, au moyen de postes qui sont chargés de leur conservation et de leur entretien. Ces postes sont au nombre de deux pour un même pont : l'un est appelé *poste d'observation* et l'autre *poste d'entretien*.

1173. Poste d'observation. — *Le poste d'observation* est établi à environ 1,000 mètres en amont du pont ; il est pourvu de nacelles munies de longs cordages, d'ancres, de grappins, de haches, de crampons, de marteaux, de fanions, de lanternes à signaux, etc.

Ce poste est destiné à arrêter tous les corps flottants avant qu'ils n'aient atteint l'estacade ; il détache à cet effet des sentinelles pour surveiller les extrémités de celles-ci et signaler l'arrivée des corps flottants.

Dès qu'un corps flottant est signalé, quelques hommes, avec une nacelle, y amarrent un cordage dont le bout libre

est porté à terre, et l'on hâle dessus pour le faire échouer. Si la largeur de la rivière ou la rapidité du courant ne permet pas de porter le bout du cordage à terre, on mouille une ancre fixée à ce cordage, le plus près possible de la rive, afin qu'elle ne soit pas exposée à la force du courant.

Les brûlots et les machines infernales sont harponnées avec un grappin et conduits à la rive ou ancrés comme il vient d'être dit pour les corps flottants.

1174. Poste d'entretien. — *Le poste d'entretien* est établi à proximité du pont et détache une sentinelle à chaque extrémité pour faire observer les consignes, et deux autres, l'une à 300 ou 400 mètres en amont, l'autre à 100 mètres en aval, pour arrêter les bateaux qui se présentent, jusqu'au moment de l'ouverture de la coupure. La sentinelle d'amont donne l'alerte, lorsqu'elle aperçoit des corps flottants qui ont franchi l'estacade ou qui n'ont pu être interceptés par le poste d'observation.

Le poste a pour consigne de maintenir en bon état les diverses parties du pont ; il doit tenir les cordages d'ancre tendus, les brélagés serrés, pratiquer les coupures pour les besoins de la navigation ou le passage des corps flottants, enfin prendre les précautions qui ont été indiquées plus haut en cas de crues, de vents, de glaces, etc. Ce poste doit toujours avoir, en aval, une nacelle de secours équipée et prête à être montée.

CHAPITRE XV

DESTRUCTION DES PONTS

1175. Généralités. — L'utilité, l'indispensabilité des ponts pour permettre aux armées de franchir les cours d'eau, indiquent l'importance capitale qu'il y a à priver l'ennemi de ces moyens de communications, en les détruisant, lorsqu'on est obligé de battre en retraite, lorsqu'on veut se couvrir par un cours d'eau.

Deux cas principaux peuvent se présenter :

1° Détruire à distance les ponts de l'ennemi ;

2° Détruire les ponts sur place.

1176. DESTRUCTION A DISTANCE DES PONTS DE L'ENNEMI. — Lorsqu'on veut détruire à distance des ponts au pouvoir de l'ennemi, on peut employer l'un des moyens suivants :

1° *Le tir de l'artillerie*, qui sera fréquemment employé à l'avenir, étant données la justesse du tir et la grande portée des canons de campagne actuels ;

2° *Le choc*, en abandonnant en amont de la rivière des corps flottants très lourds offrant beaucoup de prise au courant, tels que de grosses pièces de bois, des arbres entiers munis de leurs branches, de grands radeaux formés de plusieurs rangées d'arbres, de grands bateaux fortement chargés et même des trains formés de plusieurs bateaux ou radeaux réunis entre eux par des chaînes, etc ;

3° *L'incendie* en abandonnant au courant des brûlots, c'est-à-dire des bateaux ou des radeaux chargés de matières enflammées.

On peut, par exemple, charger de foin

ou de paille un grand bateau ou un radeau et y mettre le feu ; la chaleur dégagée sera assez forte pour empêcher les hommes du poste d'observation d'en approcher pour les harponner ; on peut aussi charger un bateau de tonneaux défoncés, remplis de pétrole enflammé, et le faire couler au moyen d'un dispositif quelconque, un peu en amont du pont.

Le pétrole se répand sur l'eau et met le feu aux supports. On peut encore faire des brûlots de bien d'autres manières qu'il serait trop long d'énumérer ici ; on s'inspirera des circonstances et du matériel dont on disposera, ainsi que de la nature des ponts à détruire ;

4° *L'explosion*, en abandonnant au courant des corps flottants portant des récipients contenant des matières explosives, qui détonent en venant choquer le pont. On donne à ces dispositifs le nom de *machines infernales*.

Contre les ponts en bois, on emploie généralement des tonneaux ou des caisses à doubles parois parfaitement étanches, et chargées de 100 à 200 kilogrammes de poudre ou de dynamite. L'enveloppe extérieure, notablement plus grande que l'enveloppe intérieure, a l'un de ses fonds lesté de pierres, de manière que l'ensemble conservé dans l'eau une position d'équilibre stable et que la partie supérieure ne dépasse que de très peu la surface de l'eau.

Contre les ponts en pierre on fait usage de bateaux contenant environ 1,000 kilogrammes de poudre ou 600 à 800 kilogrammes de dynamite.

L'explosion de ces engins doit être obtenue soit au moyen d'un mécanisme d'horlogerie, qui, au bout d'un certain temps réglé d'avance, fera jouer un ressort et enflammera une capsule : soit au moyen d'un mât ou levier intérieur, qui bascule en frappant le pont, fait jouer le ressort qui produit l'inflammation de la capsule et par suite celle de la machine infernale.

On choisira de préférence la nuit ou un temps de brouillard épais pour lancer ces engins ; on en abandonnera un grand nombre au courant à des intervalles très rapprochés, et on les fera diriger par des bateliers jusqu'à une distance aussi faible que possible du pont.

1177. DESTRUCTION DES PONTS SUR PLACE. — Les moyens employés pour détruire les ponts varient naturellement suivant la nature de ces derniers et suivant les circonstances.

1178. *Ponts en bois.* — On peut détruire les ponts en bois en les repliant et en incendiant les éléments dont ils se composent.

On peut aussi brûler les ponts en bois sur place, en garnissant les supports et le tablier de matières incendiaires et en enduisant le pont de goudron et de pétrole.

Les ponts de bateaux ou de tonneaux peuvent être coulés sur place ; on pratique à cet effet des trous de tarrière dans les supports et on les bouche avec des chevilles tronconiques faisant saillie, jusqu'au moment où l'on veut détruire le pont. On leste alors les bateaux avec de grosses pierres, on défait les brélagés, puis on débouche les voies d'eau. Les bateaux sombrent à peu près sur place, mais les poutrelles et les madriers sont dispersés par le courant.

On peut encore faire sauter les ponts en bois avec de la poudre ou de la dynamite.

L'explosion d'une charge de poudre de 30 à 50 kilogrammes ou de 10 kilogrammes de dynamite, placée contre un chevalet sous deux mètres d'eau, renverse en

général cette travée et les deux travées adjacentes.

La charge est enfermée dans une bombonne ou dans un tonneau recouvert d'une enveloppe imperméable et suspendu à l'aplomb du milieu du chapeau ; quel que soit l'explosif employé, le feu est mis, soit au moyen du saucisson Bickford, soit au moyen du cordeau porte-feu instantané, soit au moyen de l'électricité.

Pour un pont de pilotis, une charge de 50 kilogrammes de poudre sous 2^m,50 d'eau placée contre le pilot central d'une palée de trois pilots de 0,24 d'équarissage, espacés de 1^m,40, suffit généralement pour détruire cette palée.

Lorsqu'on emploie la dynamite, il est préférable de couper séparément chacun des pilots à 0^m,50 environ au-dessous du niveau de l'eau, afin de rendre le recépage et l'enture des pilots plus difficiles.

La charge peut être disposée de deux manières : 1^o circulairement (*fig. 641*) et alors la charge est donnée par la formule. $C = 20 d^3$, dans laquelle d représente le



Fig. 641.

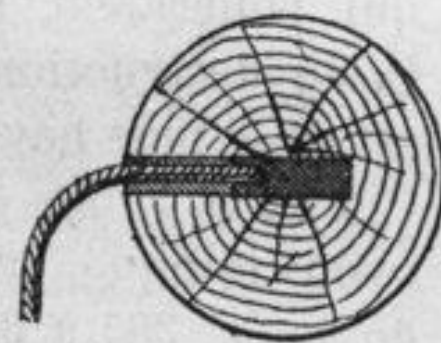


Fig. 642.

diamètre du pilot exprimé en mètres ; 2^o dans un trou de tarrière, comme le montre la figure 642, et alors la charge est donnée par la formule $C = 3d^3$.

La première méthode (charge circulaire) est la plus expéditive ; la seconde méthode exige l'emploi d'une charge beaucoup plus faible (sept fois environ) ; elle est préférable dans le cas où l'approvisionnement de dynamite dont on dispose n'est pas considérable.

Pour détruire une portée double, lorsque les pilots ne sont pas distants de plus

d'un mètre, on emploie des charges de 4 à 5 kilogrammes de dynamite, placées à l'intérieur entre les couples pilots.

Pour détruire une palée en charpente, chevalets ou cadres, on attaque les principaux montants comme des pièces isolées.

Dans tous les cas où l'on emploie la dynamite sous l'eau, il faut la renfermer dans un récipient étanche, si le feu ne doit pas être mis immédiatement après la mise en place.

Quand le temps manque pour détruire les supports d'un pont en bois, on se borne à détruire le tablier. Pour cela on suspend au-dessous de celui-ci un ou deux barils de poudre de 5 kilogrammes auxquels on met le feu : l'explosion suffira pour détruire une travée.

La destruction par l'incendie devra être employée de préférence pour les ponts en bois, parce qu'elle donne de meilleurs résultats que les autres procédés, en ce que toutes les parties sont atteintes et ne peuvent plus servir à la réparation.

Dans le cas où le pont aurait été détruit par des explosions, il faut chercher à détruire, en les incendiant, toutes les pièces qui pourraient servir à la réparation. Cette destruction, très facile à opérer, est de la plus haute importance.

1179. Ponts en maçonnerie. — Nous avons indiqué, dans le cours des chemins de fer (n° 367 à 377), quels sont les principaux dispositifs employés pour détruire les ponts en maçonnerie au moyen de la poudre ou de la dynamite. Nous nous bornerons à les rappeler sommairement ci-après :

1° Il faut faire sauter au moins deux arches pour que la destruction soit sérieuse.

Lorsque les ponts sont pourvus de dispositifs permanents, il ne reste plus qu'à les charger, les bourrer et les amorcer comme il a été expliqué. La charge de poudre se calcule au moyen de la formule $C = 2 g h^3$, dans laquelle h représente l'épaisseur de la pile et g un coefficient qui est égal à 3 pour la maçonnerie. Le

résultat ainsi obtenu est arrondi au multiple de 50 qui est le plus rapproché du poids trouvé, soit au-dessus, soit au-dessous.

2° Lorsque les ponts ne sont pas pourvus de dispositifs permanents, il faut en établir au moment du besoin, en creusant des puits ou des rameaux, comme il a été indiqué.

Quand le temps dont on dispose ne permet pas de faire ces travaux, on détruit deux arches, en creusant au-dessous des reins, jusqu'à l'extrados, une petite tranchée où l'on met des charges de 25 kilogrammes de poudre par mètre courant.

Lorsqu'on est pressé et qu'on veut conserver le passage libre jusqu'au dernier moment, ce qui arrive souvent dans une retraite, on place une charge de poudre de 400 kilogrammes sous l'intrados de la voûte et on la soutient au moyen d'un échafaudage suspendu au pont ou établi sur un bateau amarré sous le pont.

On peut aussi répartir simplement la poudre sur le pavé du pont au-dessus de la voûte, en recouvrant les tas de mardriers, de planches croisées, de sacs à terre, d'un prélat etc., formant bourrage. Trois tas de 100 kilogrammes chacun, enflammés simultanément, crèveront une voûte de 2 mètres d'épaisseur à la clef.

On peut encore employer avantageusement une charge de dynamite placée sur le sommet de la voûte et recouverte d'une couche de terre ou de sable.

1180. Ponts métalliques. — Nous avons également indiqué dans le cours des chemins de fer (n° 382) quels sont les procédés employés pour détruire les ponts métalliques ; en principe, on enroule autour des arcs ou des poutres un saucisson de toile rempli de dynamite. — Ces destructions s'opèrent suivant des profils transversaux situés près des points d'appui, afin que toute la construction tombe à l'eau.

Ponts suspendus. — On détruit un pont suspendu en coupant à une de ses extrémités les câbles de suspension.

CHAPITRE XVI

RÉPARATION DES PONTS

§ 1. — Réparation des ponts en bois.

1181. Genre. — La réparation des ponts à la guerre varie suivant leur nature, suivant les circonstances et suivant le matériel dont on dispose.

1182. Réparations des ponts de bateaux. — Lorsqu'un pont de bateaux a été rompu par des corps flottants, on cherche d'abord à sauver le plus de matériel que l'on peut, en commençant par les supports, puis on rétablit le pont par l'une des méthodes qui ont été employées pour la construction.

Lorsque le pont de bateaux a été coulé à fond et le tablier enlevé, on renfloue successivement chaque bateau coulé au moyen de deux autres bateaux disposés de part et d'autre de ses bordages ; on passe ensuite un câble ou une chaîne sous chaque bout du bateau à renflouer et on amarre les deux brins, aussi tendus que possible, aux bateaux de secours, qu'on a eu soin de charger fortement près du point d'attache, en y faisant monter quelques hommes. On décharge alors le système pour le soulever, puis on le ramène vers la rive.

1183. Réparations des ponts de pilotis. — Lorsqu'une ou plusieurs palées d'un pont de pilotis ont été entièrement détruites, on bat de nouveaux pilots, ou bien on les remplace par d'autres corps de supports.

Si la destruction n'a atteint que la partie supérieure des pilots, et que la partie

restée intacte s'élève au-dessus du niveau des plus hautes eaux, on se contente de récéper les pilots au même niveau, de les coiffer d'un nouveau chapeau et de rétablir le tablier.

Si les pilots ont été coupés trop bas ou si on veut rétablir le tablier à sa hauteur primitive, il faut récéper les pieux et les coiffer d'un chapeau comme dans le cas précédent, puis sur cette palée basse, établir une palée haute et consolider le système par des liens en arc-boutants (*fig. 643*).

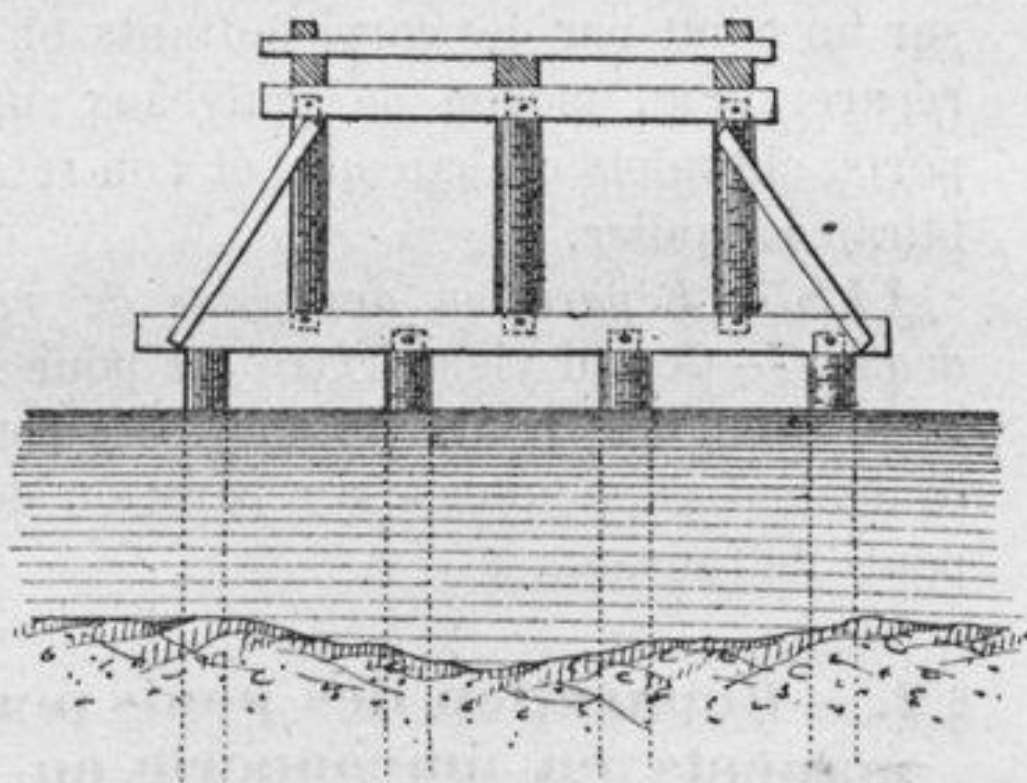


Fig. 643.

Enfin, si, dans une travée, il n'y a que quelques pilots atteints par le feu et si les autres sont intacts, on allonge ceux qui sont devenus trop courts, en les assemblant au moyen d'entures à mi-bois avec des pièces de même équarrissage. — On consolide ces assemblages par des boulons, des frettes ou des cordages solidement brélés (*fig. 644*).

1184. Réparation des ponts de chevalets. — On commence d'abord par recueillir

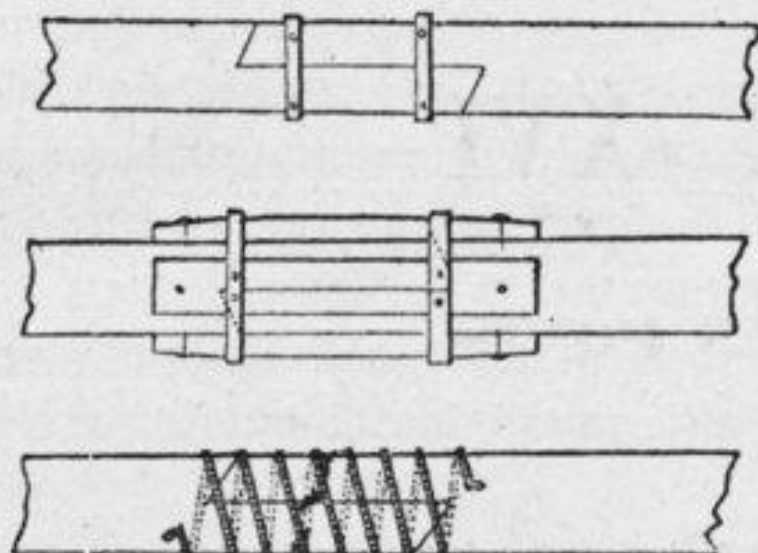


Fig. 644.

le matériel qui se trouve à proximité, s'il en existe dans ces conditions et si l'opération n'offre pas trop de difficultés ; toutefois, si l'on n'arrive pas immédiatement après la destruction, l'on ne trouve sur place que des débris insignifiants, tout le reste aura été entraîné par le courant. La réparation sera alors une véritable reconstruction du pont avec du nouveau matériel.

Si le pont avait été simplement détruit sur un point par des corps flottants, on le réparerait au moyen de nouveaux supports, chevalets ou bateaux, et l'on rétablirait le tablier.

1185. Réparation des ponts de radeaux. — Ce qui vient d'être dit pour la réparation des ponts de chevalets peut également s'appliquer à la réparation des ponts de radeaux.

§ 2. — Réparation des ponts permanents en maçonnerie ou à tablier métallique.

1186. Brèches de peu de largeur. — Lorsque la brèche n'a pas une largeur très considérable, le procédé le plus simple consiste à employer l'un des dispositifs écrits au chapitre XI.

1187. — Brèches assez importantes. — Avant d'entreprendre la réparation d'une brèche de grande ouverture pour le passage de fardeaux militaires, il faudra

toujours examiner s'il n'y aurait pas avantage à détourner la route et à passer à côté sur un pont de bateaux, de chevalets, de pilots, de radeaux. C'est ce qui aura lieu toutes les fois que la chaussée sera peu élevée au-dessus du niveau de la rivière et que les abords du pont seront dégagés.

Les dispositifs employés pour la réparation des brèches au-dessous de 20 mètres de largeur peuvent se ranger en deux catégories :

1° Les dispositifs en charpentes formés de poutres horizontales ;

2° Les dispositifs en charpente, en arcs ou fermes.

Dans la première catégorie on cherche à détruire directement les effets de la pesanteur par la force des pièces.

Dans la seconde catégorie, l'effet de la pesanteur est transformée en poussée aux culées ou piles de pont conservées.

Les dispositifs de la deuxième catégorie conduisent naturellement à des éléments de moindre équarrissage, mais ils ont l'inconvénient d'exiger des assemblages plus ou moins compliqués et une mise en place plus difficile. Aussi l'expérience constate que les ingénieurs ont presque toujours donné la préférence aux premiers.

On emploie d'une manière secondaire le principe de la transmission de la pesanteur aux piles ou culées, quand on place des contrefiches pour soulager une partie du pont.

Nous avons indiqué au chapitre XI les avantages et les inconvénients des divers dispositifs ; tous peuvent avoir leur application, suivant les circonstances variables dans lesquelles on se trouve à la guerre, et suivant les matériaux dont on dispose. — Toutefois, nous croyons que la poutre droite, pleine, dite *poutre armée*, composée d'un plus ou moins grand nombre d'éléments, est encore la plus simple à mettre en œuvre à la guerre. Elle pourra être construite presque partout, soit au moyen

de peupliers abattus sur les rives, soit au moyen de matériaux de construction provenant de la ville ou du village le plus voisin du pont.

Citons encore comme exemple le dispositif employé par l'armée française en 1811, pour réparer le pont de Murcella en Portugal (*fig. 645*).

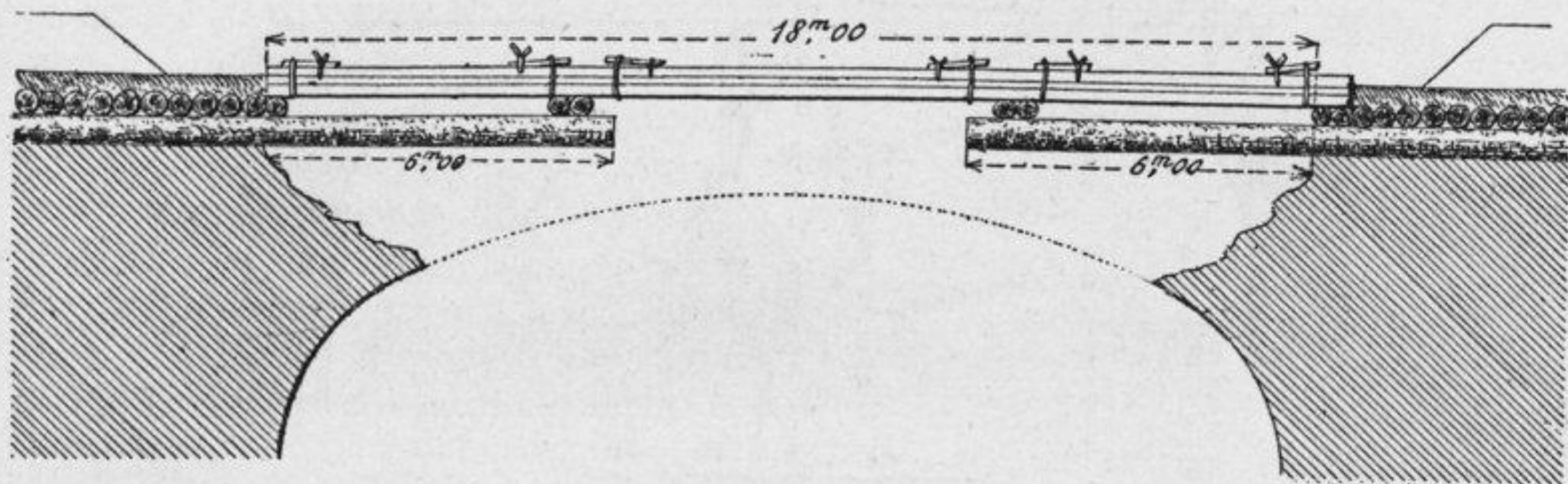


Fig. 645.

La brèche était de 18 mètres de largeur, et l'on ne disposait pas de poutres d'une force et d'une longueur suffisantes pour la franchir sans supports intermédiaires : d'un autre côté, on ne pouvait songer à créer ceux-ci, car l'on manquait d'outils, de clous, de cordages, etc.

On imagina alors de réduire la largeur du vide à franchir, en établissant sur chaque rive un encoffrement de corps d'arbres, comme l'indique la figure 216.

On plaça sur le pont, de chaque côté de la coupure, deux forts corps d'arbres disposés horizontalement, les gros bouts portant sur la chaussée, et les petits bouts faisant saillie sur le vide, du tiers de leur longueur environ. Toute la portée des arbres reposant sur le pont fut recouverte de rondins, qu'on chargea ensuite de terre, de manière à former contrepoids et à les empêcher de basculer.

Deux rondins, brélés à l'extrémité des supports de chaque côté, servirent à former des points d'appui intermédiaires pour les longerons, et le tablier put ainsi être établi en trois travées. Les madriers furent remplacés par de fortes branches jointives placées sur les poutrelles. Un espace libre avait été ménagé au milieu de la chaussée pour le passage. Ce dispositif, qui n'exige

ni outils, ni matériel spécial, peut trouver encore son application à la guerre, lorsqu'on est complètement dépourvu de ressources.

1188. CAS OU L'ON PEUT CRÉER DES POINTS D'APPUI INTERMÉDIAIRES. — La réparation d'un pont sera beaucoup plus rapide et plus facile à exécuter quand la hauteur du tablier au-dessus du fond ou au-dessous du niveau de l'eau sera assez faible pour permettre de créer un ou plusieurs points d'appui intermédiaires.

1189. Chevalet sur pile rompue (*fig. 648*). — Quand la brèche a été formée par la rupture de deux arches consécutives, on peut se servir de la base de la pile intermédiaire pour y établir un support.

Pour cela, on arrasera d'abord convenablement la partie supérieure de la pile, et l'on établira par-dessus un chevalet-support, composé de trois à cinq montants reposant sur une semelle, coiffés d'un chapeau et reliés par une ou deux écharpes. — Ce système est arc-bouté dans le sens de la longueur et dans le sens transversal.

Si la portée est un peu grande, on renforcera les longerons au moyen de contre-fiches et de sous-longerons, comme d'ordinaire.

Pour une brèche de 15 mètres ou au-dessous, les chapeaux, les montants et les semelles doivent avoir 0^m,20 à 0^m,25 d'épais-

seur, les arcs-boutants et les contrefiches de 0^m,12 à 0^m,15.

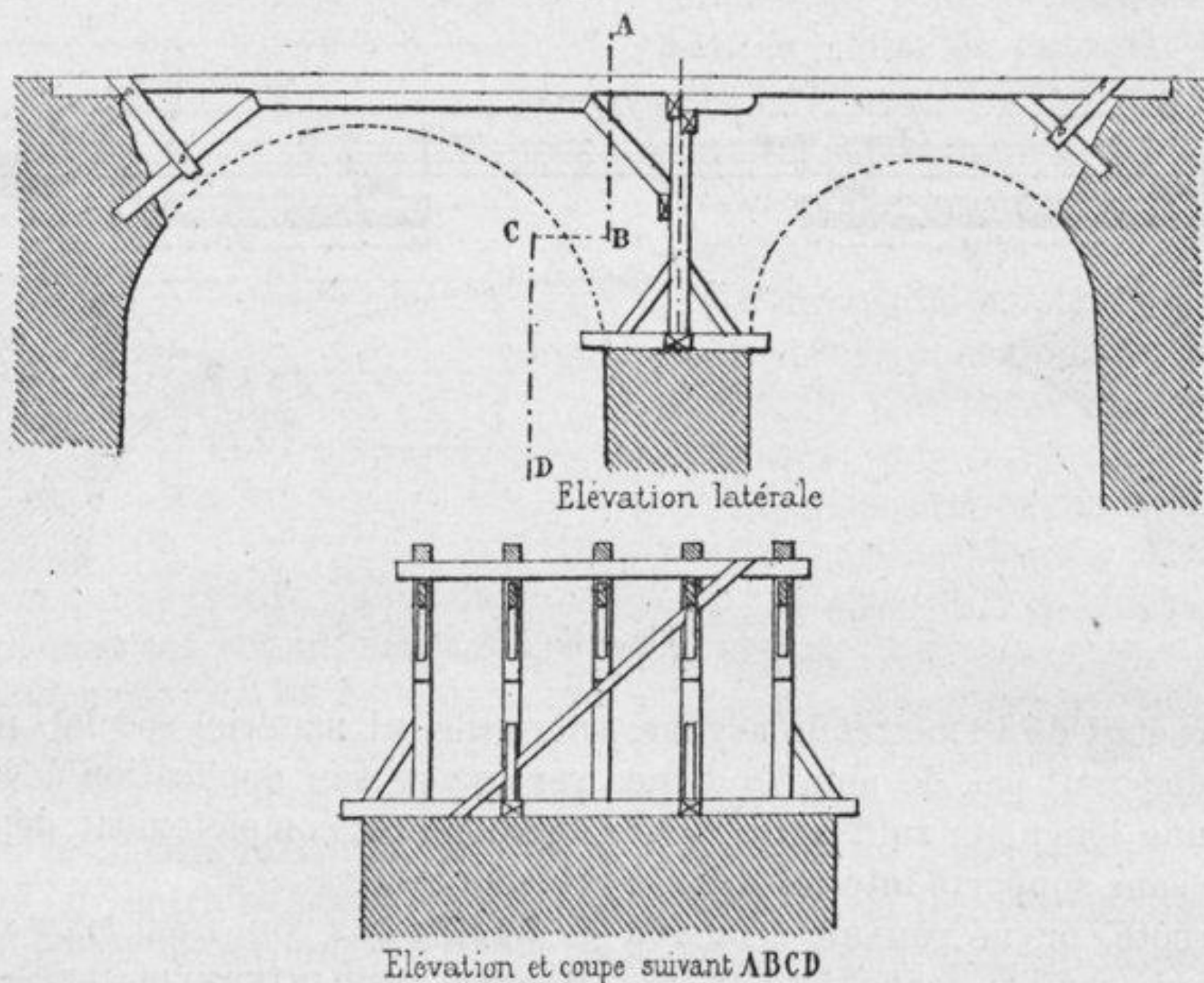


Fig. 646.

1190. Chevalets sur décombres. — Lorsque la brèche a été produite par la rupture d'une arche, on peut profiter des décombres qui exhaussent le fond pour y asseoir un ou plusieurs chevalets.

Lorsque ceux-ci sont d'une grande hauteur, on les renforce en plaçant un arc-boutant à chaque extrémité du chapeau,

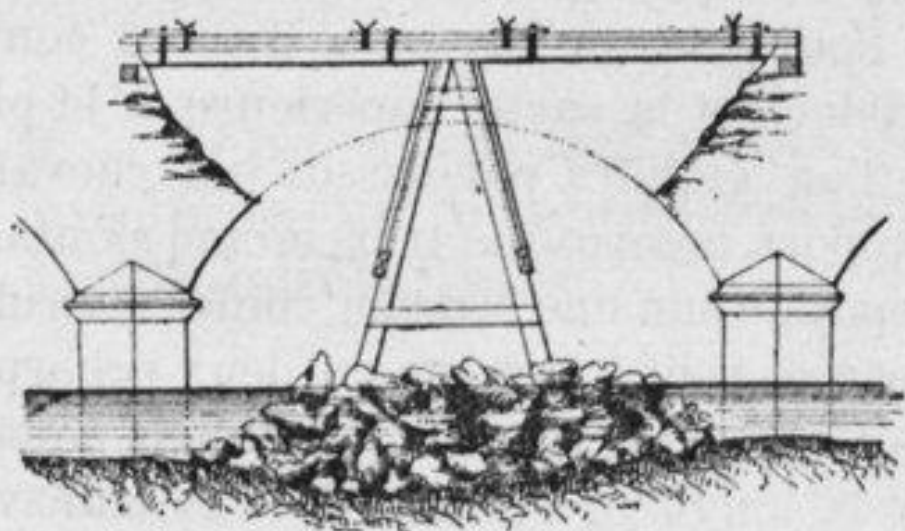


Fig. 153

de plus on soutient celui-ci par un étai vertical placé en son milieu (fig. 647).

Les équarrissages des diverses pièces

doivent être plus forts que d'habitude; 0^m,20 à 0^m,25 pour le chapeau; 0^m,14 à 0^m,16 pour les pieds et les arcs-boutants.

1191. Chevalets sur bateaux (fig. 648). — Lorsque la hauteur d'eau au-dessus des décombres ne permet pas d'employer le dispositif précédent, et si l'ouverture de la brèche ne dépasse pas 10 mètres, on peut dresser un chevalet sur un bateau ancré au milieu de l'arche rompue.

Il faut avoir soin de choisir un bateau aussi long et aussi large que possible, afin d'éviter les enfoncements lors du passage des fardeaux; de plus, on devra donner au chevalet une hauteur suffisante pour que le tablier conserve toujours une partie ascendante de son côté, afin d'éviter les chocs pendant les passages; enfin les pieds du chevalet devront s'appuyer sur des semelles reposant sur les courbes du bateau.

Les poutrelles ne pourront se recroiser

sur le chevalet à cause du niveau plus élevé du chapeau, mais on aura soin de les clameauder fortement et de donner au

chapeau une largeur plus grande que d'habitude.

Ce dispositif ne convient que sur des

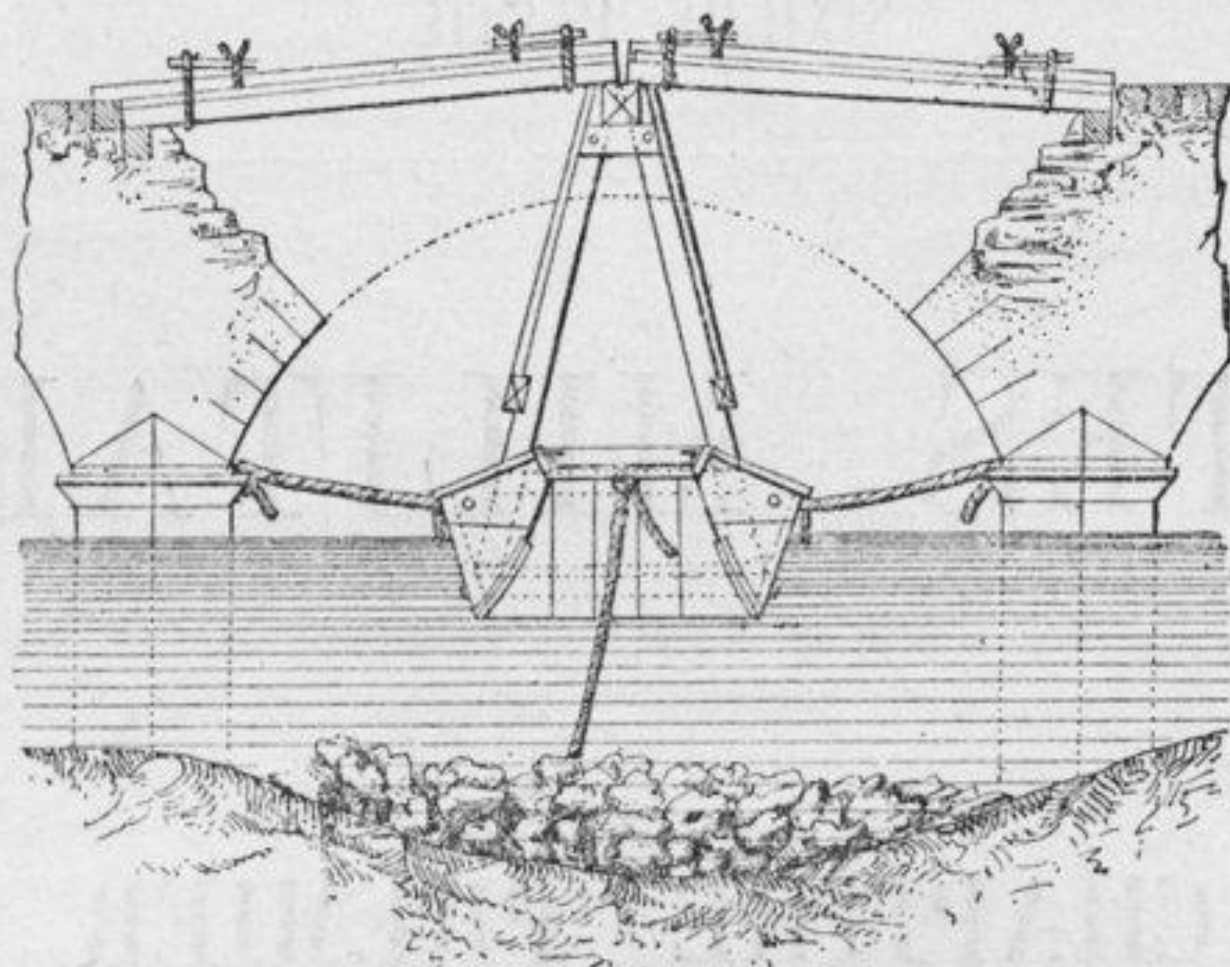


Fig. 648.

cours d'eau à niveau sensiblement constant.

1192. Remarque. — Il ne faut pas perdre de vue que les dispositifs indiqués plus haut ne doivent être considérés

que comme des types à appliquer dans certains cas et dans certaines conditions, mais qu'il y a lieu de les modifier suivant les circonstances, les ressources et le temps dont on dispose, etc.

SCIENCES APPLIQUÉES A L'ART MILITAIRE

SIXIÈME PARTIE

ROUTES MILITAIRES

CHAPITRE PREMIER

PRINCIPES GÉNÉRAUX ET OPÉRATIONS PRÉLIMINAIRES

1193. *Considérations générales.* — Parmi les voies de communication utilisées par les armées en campagne, les routes sont encore celles qui sont le plus généralement employées, surtout après la mobilisation et la concentration des troupes, c'est-à-dire pendant la période des opérations proprement dites.

L'importance des routes au point de vue stratégique suffit à faire comprendre l'intérêt qu'auront les adversaires en présence à s'en assurer la possession et à l'interdire à l'ennemi, dans la région des opérations. Le vaincu ne manque pas de détruire, de barrer, d'intercepter les routes dans le plus grand nombre d'endroits possibles sur ses derrières, pour ralentir la marche du vainqueur; il en résulte que celui-ci sera obligé de rétablir ces voies de communication le plus rapidement possible, ou même d'en construire de nouvelles en certains points, lorsqu'il n'aura pas les moyens de rétablir des travaux d'art considérables détruits par l'ennemi.

Indépendamment de ces circonstances, qui se présentent journellement à la guerre, c'est l'armée qui crée les routes dans les pays nouvellement conquis, tels que l'Algérie, la Tunisie et le Tonkin, et ces voies de communications, indispensables pour assurer la possession de ces contrées, ne le sont pas moins au point de vue de la colonisation.

En principe, ce sont les troupes du génie qui sont chargées de tous les travaux concernant les voies de communication, mais leur effectif étant insuffisant pour remplir cette mission, on est forcé de recourir aux troupes d'infanterie pour les seconder et même pour les suppléer. — Les considérations qui précèdent ont pour but de faire comprendre l'importance que présente pour tous les militaires la connaissance des notions générales sur les routes, leur tracé, leur construction, leur destruction et leur réparation.

1194. *Définitions.* — Une route se compose en général des parties suivantes :

1° Une *chaussée*, sur laquelle circulent

les voitures et dont la largeur est de 3 à 7 mètres, suivant la nature de la route ;

2° *Deux accotements*, qui débordent la chaussée à droite et à gauche, et qui servent à la circulation des piétons et aussi à permettre aux voitures de se garer lorsqu'elles viennent à se rencontrer ; la largeur de chaque accotement varie de 1^m,50 à 3^m,50 ;

3° *Deux fossés*, qui limitent la route de chaque côté et servent à l'écoulement des eaux ; la largeur de chaque fossé varie de 1 mètre à 1^m,50.

1195. Catégories. — En France, on distingue les routes d'après leur largeur en trois catégories, savoir :

1° *Les routes nationales*, dont la largeur totale varie de 10 à 14 mètres et qui sont entretenues par l'État ;

2° *Les routes départementales*, dont la largeur totale varie de 8 à 10 mètres et qui sont entretenues par les départements ;

3° *Les chemins vicinaux*, dont la largeur totale varie de 6 à 8 mètres et qui sont entretenus par les communes et les départements, dans des proportions déterminées suivant le cas.

Au point de vue militaire, on a souvent classé les routes en trois catégories, savoir :

1° *Les routes de guerre*, qui sont les grandes voies servant aux opérations stratégiques et comprennent les routes nationales et une partie des routes départementales ;

2° *Les chemins de combat*, qui ne sont utilisés que pour les opérations tactiques ;

3° *Les chemins de colonnes*, comprenant toutes les routes qu'on peut utiliser pour faire aller les troupes d'un point à un autre. Cette classification n'a rien d'absolu et varie suivant les auteurs militaires.

1196. Éléments. — On distingue dans une route, quelle que soit son espèce, les éléments suivants :

1° *L'axe* qui est la ligne passant par le milieu de la chaussée ;

2° *Le profil en long* qui n'est autre que le profil établi suivant l'axe de la route ;

3° *Le profil en travers* qui est une coupe verticale perpendiculaire à l'axe.

Conditions auxquelles doivent satisfaire les routes au point de vue militaire.

1197. Ces conditions doivent être examinées aux différents points de vue ci-après, savoir :

Les pentes, les courbes, le profil transversal, le profil longitudinal et le tracé

1198. Pentes. — Il est évident *a priori*, sans qu'il soit besoin de le démontrer, que les pentes ont une grande influence sur la valeur d'une route ; mais le terrain n'étant pas idéalement plat, il faut nécessairement que les voies de communication aient des pentes plus ou moins grandes ; on a donc dû se borner à ne pas dépasser certaines limites, c'est-à-dire à permettre la traction des voitures autant que possible sans doubler les attelages, ou en ne les doublant que dans certains cas très rares.

L'expérience a démontré qu'une route était dans une très bonne disposition sous le rapport des pentes, lorsque celles-ci ne dépassent pas 0,04 centimètres par mètre, soit $\frac{1}{25}$; toutefois, pour éviter de grands travaux ou de grands détours, on donne souvent aux routes, notamment aux chemins vicinaux, des pentes allant jusqu'à 5 centimètres par mètre, soit $\frac{1}{20}$; en pays de montagnes on va plus loin encore et l'on admet aussi des pentes de 0,07 et même de 0,08 centimètres par mètres soit de $\frac{1}{13}$ à $\frac{1}{12}$ au maximum.

1199. Courbes. — Lorsque les courbes sont trop prononcées, c'est-à-dire lorsqu'elles ont un rayon trop petit, le tirage est augmenté, parce qu'il se produit un frottement de glissement. Cet inconvénient est encore aggravé lorsque l'attelage est nombreux, car chaque couple de chevaux tirant suivant la tangente à la courbe, il

en résulte que les chevaux de tête tendant à entraîner les chevaux intermédiaires suivant la corde de l'arc, de sorte que ceux-ci emploient une partie de leur action à résister à cet effet, il y a par suite une perte de tirage.

L'expérience et le calcul ont démontré que le rayon convenable des courbes devrait être de 30 mètres, mais pour les routes militaires on est quelquefois obligé de prendre un rayon plus petit, quitte à voir se produire les inconvénients signalés plus haut.

1200. Profil transversal. — Le profil transversal le plus favorable serait celui

qui serait déterminé par une ligne droite horizontale, mais la nécessité d'assurer l'écoulement des eaux et la conservation de la chaussée a obligé à adopter un profil convexe, c'est-à-dire des routes bombées. Le bombement qui était jadis assez considérable, a été réduit de nos jours à son strict minimum, c'est-à-dire à $\frac{1}{50}$ environ pour les routes larges et à $\frac{1}{40}$ pour les autres.

La largeur minimum des routes a été déterminée par la condition que deux voitures puissent se croiser facilement, et il a été reconnu qu'une largeur minimum de 5 mètres était nécessaire à cet effet.



Fig. 649.

Toutefois, pour accélérer la construction de certaines routes militaires on peut ne donner que 3 mètres de largeur à la voie, mais il faut alors établir de dis-

tance en distance des élargissements appelés gares d'évitement.

On tend actuellement à réduire la largeur des accotements qui ne sont pas

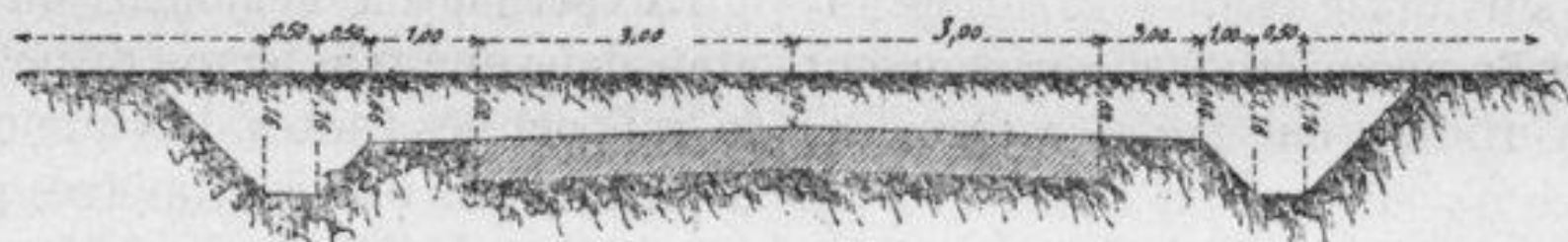


Fig. 650.

empierrés et même à les supprimer complètement, en les remplaçant par de petites gares établies de distance en distance.

Les fossés sont indispensables pour obtenir l'assèchement des routes; ils ont une largeur de 1^m,00 à 1^m,50 à la partie

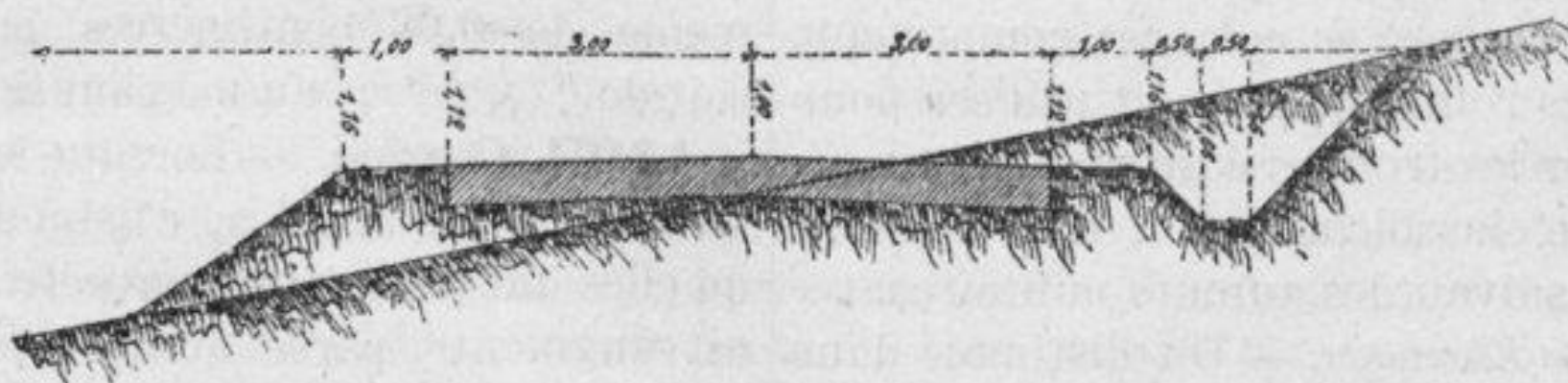


Fig. 651.

supérieure et environ 0^m,50 de profondeur, avec une pente minimum de 5 mil-

limètres par mètre pour assurer l'écoulement des eaux.

Les figures 649, 650, 651 et 652, indiquent | la route est en remblai ou déblai ou partie
les types de profil adoptés suivant que | en déblai et partie en remblai.

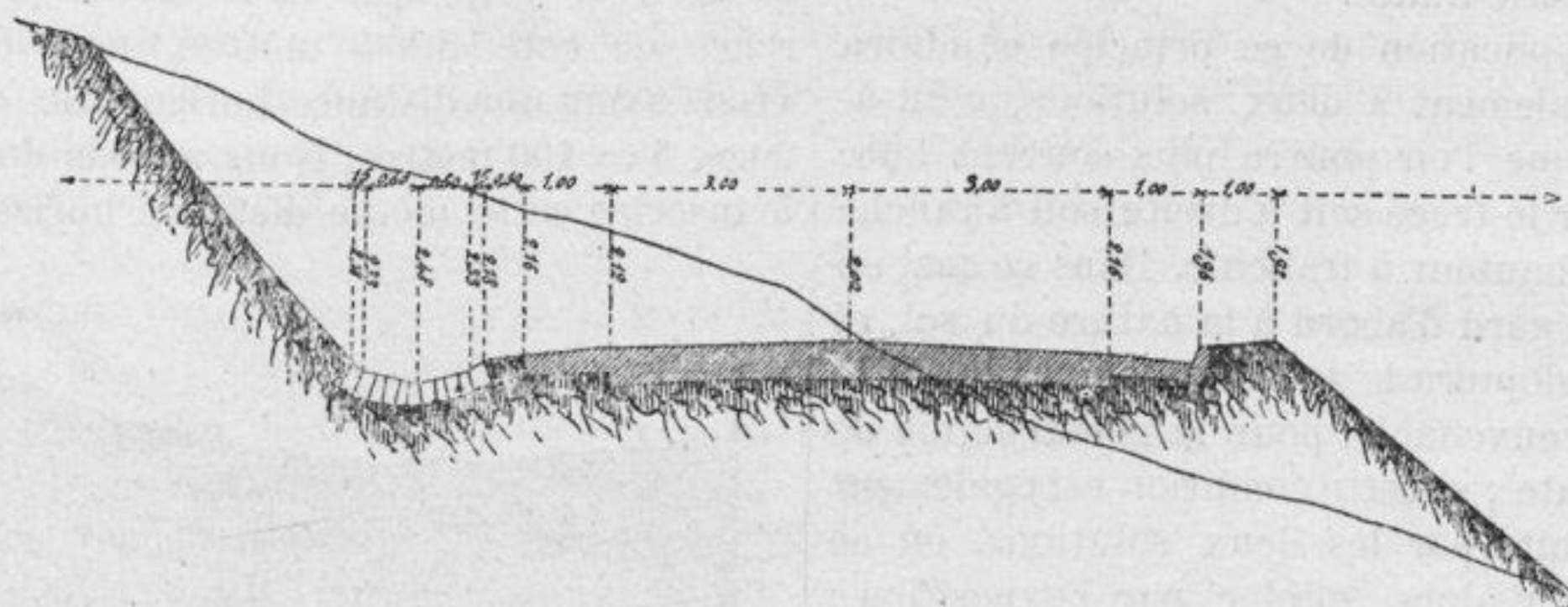


Fig. 652.

1201. Profil longitudinal et tracé. —

Le profil longitudinal n'étant autre chose que l'intersection du terrain par la surface cylindrique verticale qui correspond à l'axe de la route, il en résulte que ce profil dépend entièrement du tracé et que les seules modifications qu'on puisse lui faire subir sont celles des cotes verticales c'est-à-dire celles qui déterminent les déblais et les remblais de manière à ne pas dépasser les pentes limites.

Les principes généraux sur lesquels on s'appuie pour faire le tracé d'une route ont beaucoup varié suivant les époques.

Jadis les Romains, lorsqu'ils construisaient cet admirable système de voies militaires qui réunissait les diverses parties de leur vaste empire, les Romains, disons-nous, traçaient presque toujours leurs routes en ligne droite, sans s'inquiéter des pentes, mais avec la seule préoccupation d'avoir à franchir la plus petite distance possible pour se rendre d'un lieu à l'autre.

Cette méthode, bonne pour les armées romaines, qui ne traînaient avec elles que des chars relativement légers et puissamment attelés, ne convient pas à notre époque, où les lourds convois occupent autant et même plus de place que les troupes, et où l'on cherche à employer le moins possible d'animaux de trait.

Il est bon d'ajouter que la méthode romaine ne convient pas davantage pour les besoins ordinaires des populations, et qu'elle a été depuis longtemps délaissée par les ingénieurs.

Les principes actuellement suivis pour le tracé des routes sont les suivants :

1° Se rapprocher le plus possible de la ligne droite, de manière à avoir le minimum de distance à parcourir ;

2° Faire en sorte d'avoir le moins possible de hauteurs à franchir, en ayant soin de ne pas dépasser la pente limite ;

3° Chercher à avoir le moins possible de travaux de déblai et de remblai, ainsi que de travaux d'art à exécuter.

Il est bien rare qu'un tracé puisse satisfaire à la fois à ces différentes conditions : il faut examiner, dans chaque cas particulier, dans quelle mesure l'une d'elles doit être sacrifiée aux autres, suivant les circonstances.

D'après ces principes, on voit que lorsque le terrain est à peu près plat, ou lorsque les ondulations du sol sont au-dessous de la limite de pente admise, le mieux est de faire le tracé en ligne droite d'un point à un autre.

Lorsque le terrain est accidenté, on sera forcé de dévier le tracé, en tournant les hauteurs, et en prenant pour axe de la route une ligne située au ras de sol sur

le versant qu'on veut gravir, et ayant une pente égale ou légèrement inférieure à la pente limite.

L'application de ce principe conduira généralement à deux solutions, c'est-à-dire que l'on pourra plus souvent faire passer le tracé soit à droite, soit à gauche de la hauteur à franchir. Dans ce cas, on aura égard d'abord à la nature du sol, et l'on adoptera le tracé qui suivra le sol le plus convenable, pour la construction de la route ; si cette condition est également satisfaite par les deux solutions, on se laissera alors guider par l'exposition ; dans les contrées du nord, on adoptera de préférence l'exposition au sud ou à l'est, afin d'avoir une route moins exposée aux vents du nord et de l'ouest ; dans les contrées du midi, au contraire on adoptera de préférence l'exposition au nord, afin d'éviter les vents desséchants et soulevant des nuages de poussière comme ceux du sud.

La recherche d'un pareil tracé exige la connaissance complète de la topographie et la possession de bonnes cartes. Les cartes de l'État-Major à $\frac{1}{80000}$ peuvent servir à déterminer un tracé grosso-modo, que l'on modifiera ensuite, suivant les circonstances locales, lorsqu'on jalonnera l'axe de la route sur le terrain.

Lorsqu'on a à sa disposition une carte à grande échelle avec des courbes horizontales pour représenter le relief du terrain, on peut effectuer le tracé sur le papier d'une manière beaucoup plus expéditive et beaucoup plus exacte. Pour cela il suffira d'inscrire successivement et bout à bout, entre deux courbes consécutives, des longueurs constantes, déterminées comme nous allons l'indiquer par l'exemple ci-après.

Considérons le fragment de terrain représenté ci-contre (fig. 653) à l'échelle de $\frac{1}{10000}$, avec courbes horizontales à l'équidistance de 5 mètres et proposons-nous d'y tracer une route à la pente de $\frac{1}{20}$, en partant du point A. Puisque pour

une hauteur de 1 mètre, nous devons avoir une distance horizontale de 20 mètres, pour une hauteur ou différence de cote de 5 mètres, nous devrons avoir une distance horizontale de $20 \times 5 = 100$ mètres. Nous aurons donc à inscrire cette même distance horizon-

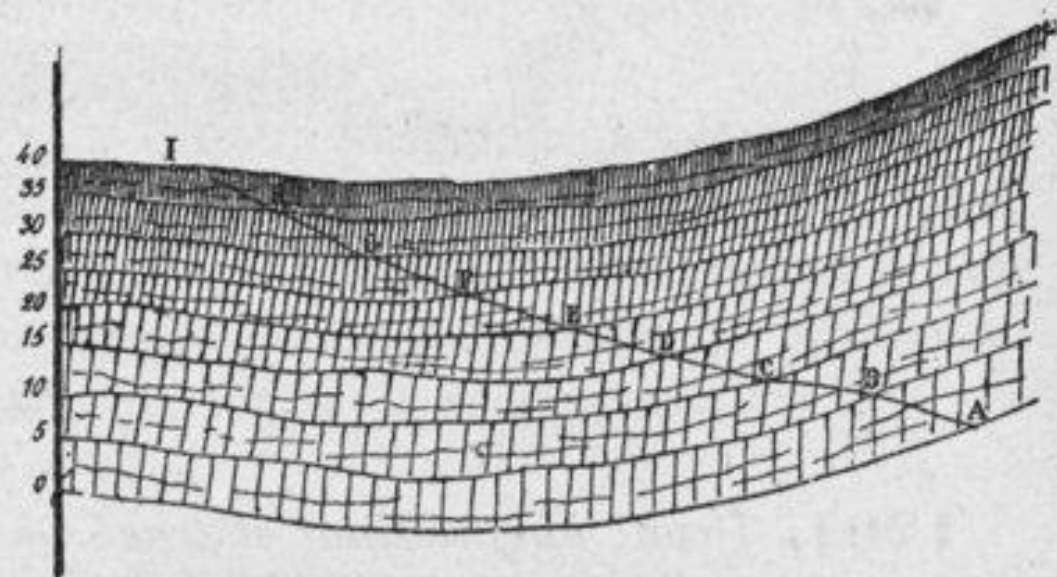


Fig. 653.

tale de 100 mètres, mesurée à l'échelle de $\frac{1}{10000}$, successivement entre chaque courbe et sa voisine immédiate, c'est-à-dire d'abord de A en B, puis de B en C, de C en D et ainsi de suite.

Pour généraliser, appelons n la pente, h l'équidistance entre les courbes horizontales et l la longueur constante à inscrire entre deux courbes consécutives.

Pour une différence de cote de 1, nous avons une distance horizontale de n .

Pour une différence de cote de h , nous aurons une distance horizontale de $n \times h$ donc : $l = n h$.

1202. *Établissement d'un projet de route.* — L'établissement d'un projet de route militaire comprend les opérations suivantes :

1° La détermination approximative du tracé sur la carte, comme il vient d'être dit ci-dessus ;

2° Le marquage sur le terrain de l'axe de la route, au moyen de piquets et de jalons, au moins à chaque changement de direction ;

3° Le marquage de chaque profil transversal, à l'aide de piquets numérotés ;

4° Le nivellement du profil en long et des profils transversaux ;

5° Le lever à grande échelle de l'axe de la route, en indiquant la position des profils transversaux ;

6° La construction du profil en long sur une bande de papier de la manière suivante (*fig. 654*) :

Sur une ligne droite parallèle au bord inférieur de la bande, on porte successi-

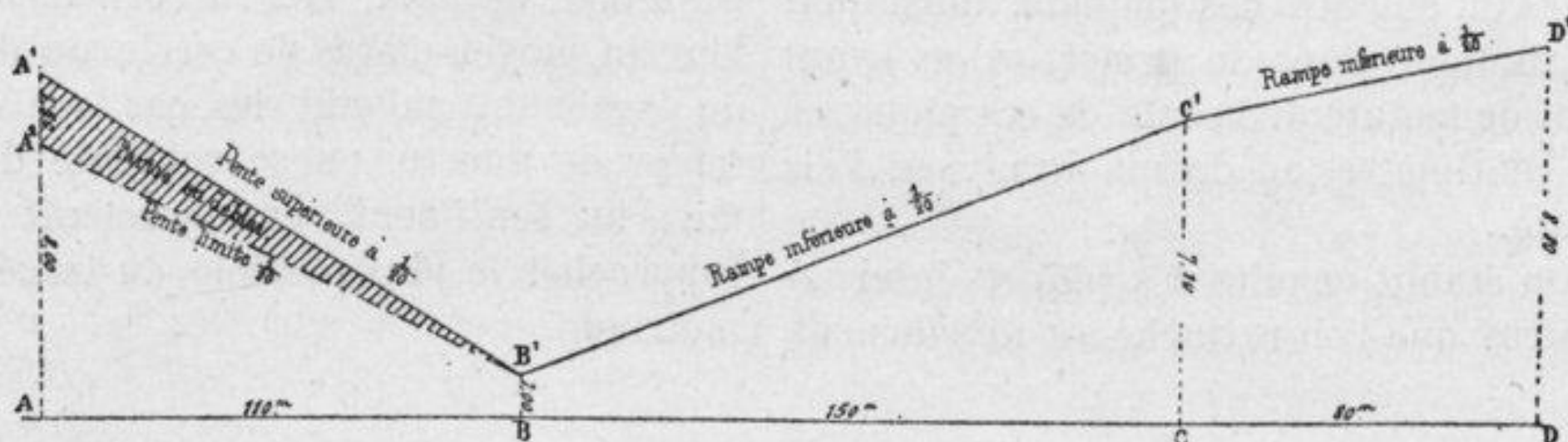


Fig. 263.

vement toutes les longueurs de l'axe, mesurées sur le terrain, d'un changement de pente en suivant AB, BC, CD, etc..., puis on élève à chacun de ces points des perpendiculaires représentant les ordonnées verticales des différents points nivelés.

L'échelle adoptée pour la représentation des distances horizontales est généralement de $1/2000$; celle que l'on prend pour les ordonnées verticales est de $1/200$, c'est-à-dire, dix fois plus grande, afin de rendre plus sensibles les changements de pente. En réunissant par des lignes droites les différents points A'B'C'D', etc... qui sont les extrémités des ordonnées, on obtient une ligne brisée qui représente la coupe du terrain suivant l'axe de la route, c'est-à-dire le profil en long.

Il ne reste plus qu'à y marquer l'axe de la route, en tenant compte de la pente limite, c'est-à-dire en évitant autant que possible les déblais et les remblais.

L'examen de la figure 654 montre qu'une seule pente du profil considéré, celle qui est comprise entre A' et B' est supérieure à la pente limite fixée, c'est-à-dire, $1/20$, par suite on amène à partir du point B', une ligne B'A inclinée à $1/20$ et toute la partie comprise entre les deux lignes A'B' et A'D', sera à déblayer.

Dans la construction des routes ordinaires, on s'occupe d'équilibrer autant que possible les déblais et les remblais, par raison d'économie ; dans les routes militaires, on ne se préoccupe pas du tout de cette question ; les déblais sont déposés sur les deux côtés de la route, et les remblais sont empruntés également au terrain qui borde la route des deux côtés ; cette méthode, qui abrège considérablement le travail, porte le nom de *méthode des dépôts et des emprunts*. Elle dispense, dans la rédaction du projet, d'évaluer les déblais et les remblais et d'en faire la répartition de manière à les équilibrer ;

7° La dernière opération consiste à construire sur le papier, les profils en travers à une échelle décuple de celle des longueurs du profil en long, c'est-à-dire à $1/200$.

Il peut arriver, et il arrive même le plus souvent, que les diverses opérations de l'étude détaillée conduisent à rectifier le tracé en quelques endroits ; on reporte alors les piquets d'axe sur le tracé définitif, on en fait le nivellement à nouveau, et l'on rectifie en conséquence le profil en long ainsi que les profils transversaux qui doivent servir à l'exécution des travaux.

1203. *Tracé définitif sur le terrain.*

— Le tracé définitif sur le terrain s'effectue de la manière suivante :

Aux extrémités de chaque alignement droit ou courbe, et aux extrémités de chaque pente ou rampe, on établit sur l'axe des jalons numérotés, au pied desquels on enfonce des piquets, ainsi qu'il est indiqué dans le projet, et en ayant soin de maintenir la tête de ces piquets à 20 centimètres au-dessus du niveau de la route.

On établit ensuite des piquets intermédiaires que l'on rattache au nivellement,

au moyen de nivelettes, puis on plante les piquets des profils transversaux, pour marquer les deux bords de la chaussée et les arêtes intérieures des accotements.

On raccorde enfin par des courbes tous les changements de direction de la route. En temps de paix, ces raccordements se font au moyen d'arcs de cercle ou d'arcs de paraboles, suivant les cas, mais, en temps de guerre, on se contente de les faire au sentiment, en cherchant à se rapprocher le plus possible du tracé géométrique.

CHAPITRE II

CONSTRUCTION DES ROUTES MILITAIRES

1204. Espèce de travaux. — La construction d'une route militaire comprend l'exécution des travaux suivants :

- 1° Les terrassements;
- 2° L'empierrement de la chaussée;
- 3° Les travaux d'art.

1205. 1° Terrassements. — Les terrassements s'exécutent d'après les principes qui ont été donnés dans le cours de fortification passagère, et que nous rappelons ici sommairement.

On doit avoir le plus grand soin de maintenir les talus dans les parties en déblai ou en remblai, de manière à éviter les éboulements. On emploie plusieurs procédés pour arriver à ce résultat.

L'un d'eux consiste à ménager, le long des talus, des banquettes qui ont l'avantage de ne pas rendre solidaires les diverses parties du talus, en divisant et en localisant les poussées.

Un autre procédé consiste à recouvrir les talus d'un perré lorsqu'on a beaucoup de pierres à sa disposition.

Lorsqu'on a à ouvrir une tranchée un peu profonde dans un massif glaiseux presque toujours surmonté d'une couche de terrain perméable, les procédés qui viennent d'être décrits sont insuffisants, et il faut recourir à un système de drainage pour assurer l'écoulement des eaux.

A cet effet, on pratique dans le talus et dans le sens longitudinal, une petite rigole qu'on remplit de grosses pierres, et à laquelle on donne des pentes et des contre-pentes de 1 centimètre par mètre au minimum (*fig. 655 et 656*). A chaque point bas de cette rigole, on la rejoint au talus par une rigole transversale et les eaux suivent ensuite un petit radier pavé qui les mènent au fond du fossé. Les talus sont à l'inclinaison de 2/3 au plus, le mas-

sif glaiseux est recoupé en forme d'escalier et recouvert de terre végétale.

Lorsque la route est en remblai de terre glaise, on consolide les talus en les recou-

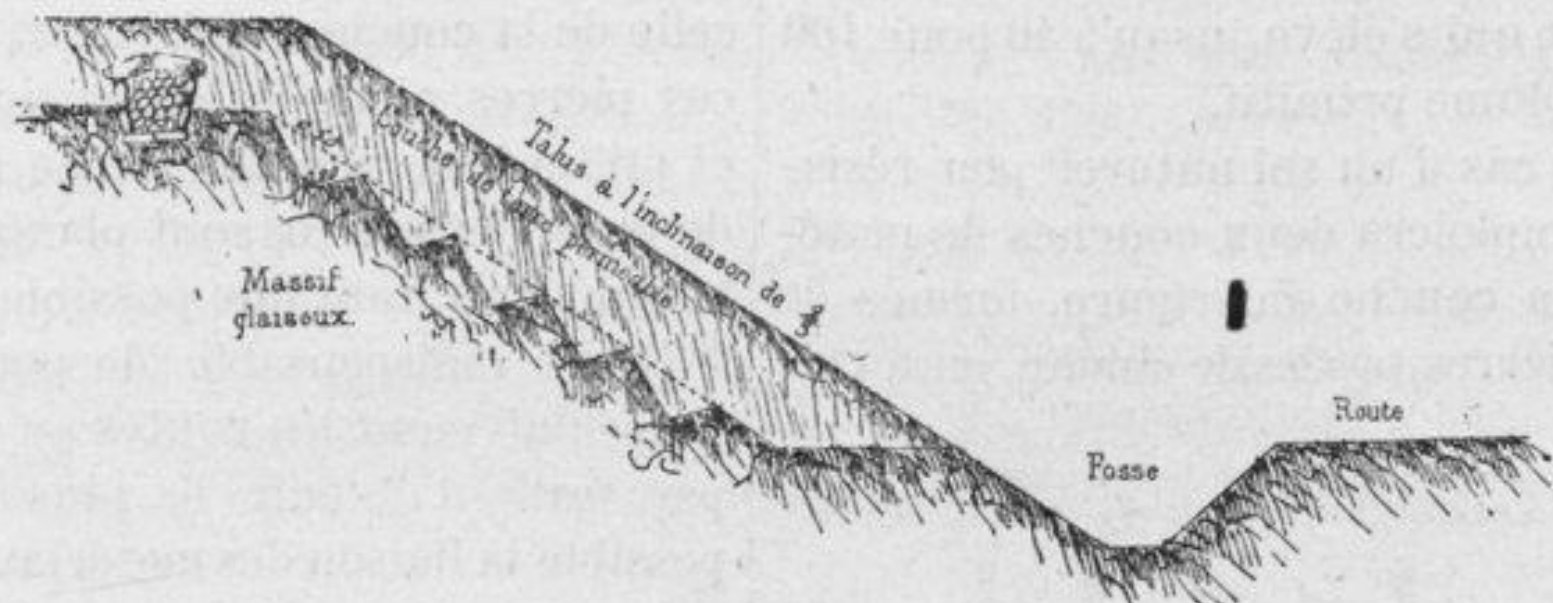


Fig. 653.

pant à une pente aussi raide que possible, | mais qui ne dépasse généralement pas 1/1

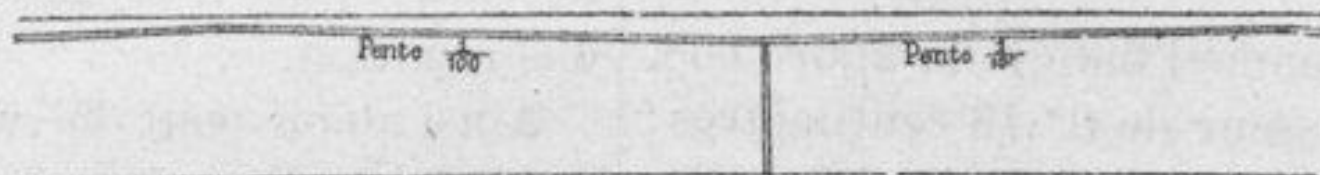


Fig. 656.

ou 3/2, puis en les recouvrant de terre | à la pente de 2/3, ainsi que l'indique la perméable, de manière à obtenir des talus | figure 657.

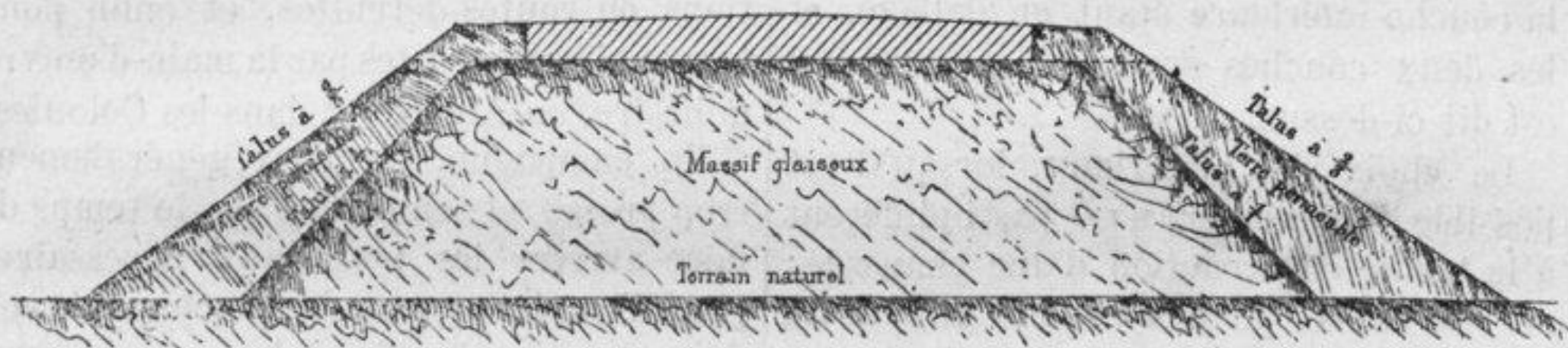


Fig. 657.

1206. 2° Empierrrement de la chaussée.

— Deux cas peuvent se présenter, suivant que le sol naturel est suffisamment sec et résistant pour porter le poids des plus lourdes voitures, ou suivant que ce sol n'est pas suffisamment résistant.

Dans le premier cas, l'objet de la chaussée est simplement de garantir le sol de l'action des pluies et des autres influences atmosphériques, il suffit alors de l'empier-
rer au moyen d'une seule couche de pierres de petites dimensions, à laquelle on donne autant que possible 0^m,25 centi-

mètres d'épaisseur au milieu et 0^m,15 sur les bords. Cette méthode employée avec succès en Angleterre par Mac-Adam (d'où vient le nom de *macadam* donné à l'empierrement) a été ensuite adoptée en France dans les circonstances que nous venons de citer; la chaussée ainsi construite a l'avantage de se maintenir longtemps bonne, même quand elle est peu ou point entretenue, parce qu'elle s'abaisse parallèlement à elle-même jusqu'à usure complète. Il est bon d'y introduire une certaine proportion de détritrus destinés à

former mortier pour relier les matériaux, sinon ce mortier se forme aux dépens des matériaux eux-mêmes et leur enlève une proportion qui s'élève jusqu'à 40 pour 100 de leur volume primitif.

Dans le cas d'un sol naturel peu résistant on emploiera deux couches de matériaux : la couche inférieure, formée de grosses pierres posées de champ, en forme

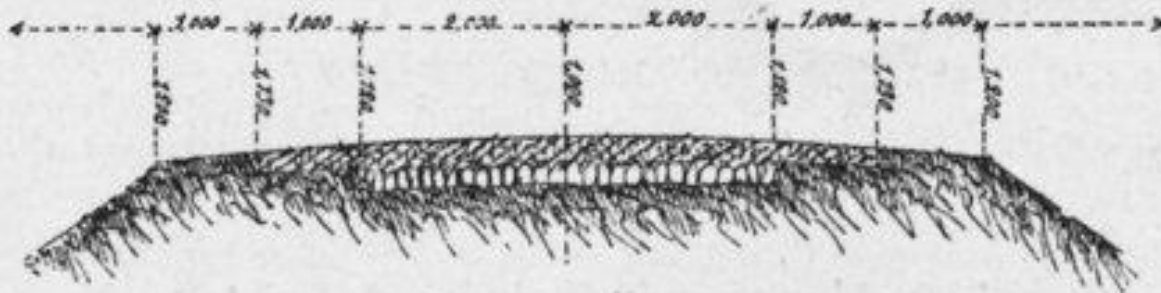


Fig. 658.

de blocage, comme l'indiquera la figure 658, aura une épaisseur de 0^m,18 centimètres; la couche supérieure, formée de petites pierres, aura une épaisseur de 0^m,15 centimètres.

Dans certains passages où le sol naturel serait particulièrement peu résistant, on emploierait trois couches de matériaux, la couche inférieure étant en dallage, et les deux couches supérieures comme il est dit ci-dessus.

Le choix des matériaux, lorsqu'il est possible de l'exercer, n'est pas indifférent à la bonne construction d'une chaussée; on fera choix, pour la couche unique ou supérieure des pierres les plus dures que l'on pourra rencontrer, notamment les silex, les granits, les grès; on y ajoutera si c'est possible, des pierres calcaires, qui sont tendres et friables, dans la proportion de 1/4, afin d'opérer la liaison des pierres dures; enfin, si l'on a à sa disposition des pierres cassées, il faudra les employer de préférence aux pierres de dimension non cassées, parce que ces dernières sont très difficiles à lier, même en y ajoutant du calcaire. L'expérience a démontré qu'il est nécessaire que ces pierres puissent passer en tous sens dans un anneau de 0^m,06 centimètres.

La nature des matériaux composant

la couche inférieure, lorsque la chaussée est formée de deux couches, a une importance beaucoup moins considérable que celle de la couche supérieure; il suffit que ces pierres aient les dimensions voulues et présentent une face large pour servir de base. Ces pierres sont placées à la main et damées autant que possible.

Il est indispensable de pouvoir livrer immédiatement les routes au roulage, et par suite d'obtenir le plus rapidement possible la liaison des matériaux d'empierrement; pour cela on emploie des rouleaux compresseurs, et on humecte la chaussée, de manière à arriver rapidement à ce résultat. On ajoute, si c'est nécessaire, des détritits et des matériaux d'agrégation.

Ainsi qu'on peut le voir par l'exposé qui précède, l'empierrement des routes est une opération assez longue et qui demande une quantité assez considérable de matériaux; pour cette raison elle n'est praticable que pour des parcours de peu de longueur, pour le rétablissement des portions de routes détruites, et enfin pour les routes construites par la main-d'œuvre militaire, en Algérie et dans les Colonies.

En campagne, on sera généralement trop pressé et on n'aura pas le temps de faire arriver les matériaux nécessaires pour l'empierrement de la chaussée; on devra se contenter d'une chaussée en terre, mais on aura soin d'augmenter le bombement et de le porter à 1/20 environ, pour mieux assurer l'écoulement des eaux.

Si on peut se procurer du gravier, il sera bon d'en mettre une couche de 20 centimètres sur le milieu de la chaussée, et de la couvrir de sable; cette opération pourra se faire progressivement, après que la route sera livrée à la circulation, elle sera indispensable dans les endroits où la chaussée sera formée de terres grasses.

1207. Cas particuliers. — Dans certains cas particuliers, par exemple lorsqu'une route doit traverser forcément un

endroit marécageux ou des terrains sablonneux et mouvants, comme en certains points de l'Algérie, il n'est pas possible de procéder comme nous venons de l'indiquer, et il faut recourir à des procédés particuliers.

Dans le cas d'un terrain marécageux, on commence par établir une fondation en fascines, à laquelle on donne une large base, de manière à répartir le poids de la route sur une plus grande surface d'appui (*fig. 659*).

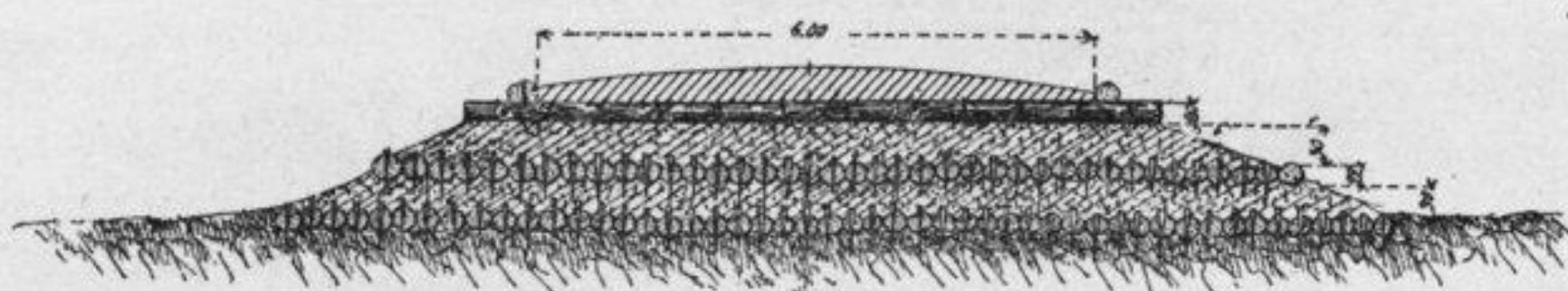


Fig. 659.

Pour cela, on dispose un premier lit de fascines juxtaposées obliquement sur l'axe de la route; on place au-dessus une couche de gravier, puis ensuite un second lit de fascines inclinées sur l'axe en sens inverse des premières, et on leur superpose une nouvelle couche de gravier. On établit ensuite la chaussée sur un dernier lit de fascines perpendiculaires à l'axe; les matériaux qui forment la chaussée sont

maintenus entre deux cours de fascines piquetées solidement parallèlement à l'axe de la route.

La couche supérieure de matériaux doit être suffisamment épaisse pour préserver du contact des roues les fascines du lit supérieur, qui, sans cette précaution, seraient rapidement coupées.

Ce même procédé peut s'employer pour la construction des routes dans les ter-

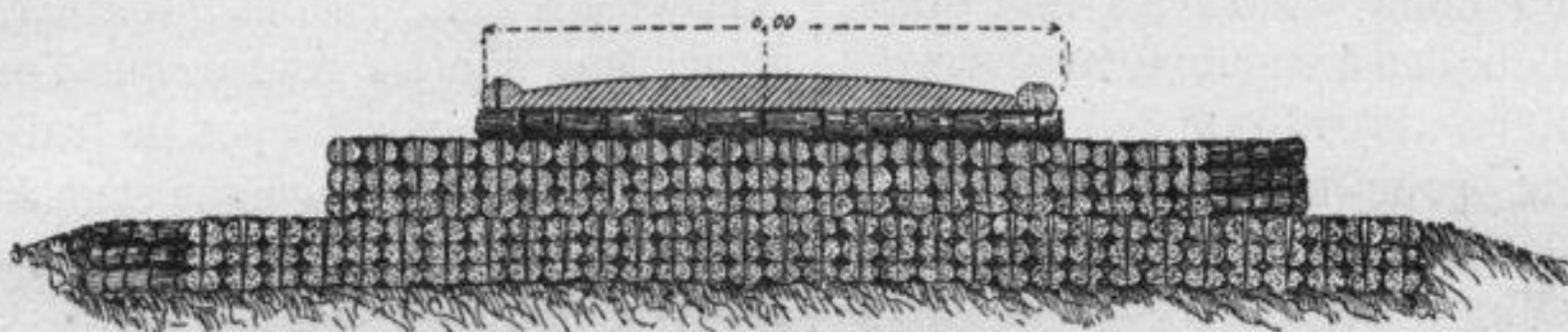


Fig. 660.

rains sablonneux, mouvants, comme en Algérie.

Quand le terrain est tout à fait mauvais au lieu d'employer ainsi alternativement un lit de fascines et une couche de gravier, on superpose directement des tunes de deux ou trois rangs de fascines inclinées en sens inverses sur l'axe de la route, en donnant aux premières tunes un très large empatement; on construit ensuite la chaussée au-dessus de cette fondation, comme dans le cas précédent (*fig. 660*).

On obtient ainsi un remblai plus léger que dans le cas précédent, mais il a l'in-

convénient d'exiger énormément de fascines, de sorte que son emploi doit être restreint au cas où le terrain est entièrement mauvais. On peut encore employer des pieux en bois pour condenser le sol naturel et établir la chaussée par-dessus, au moyen de gravier et de deux cours de fascines en bordure pour contenir les matériaux; on peut aussi, en pays boisé, remplacer les fascines par des pièces de bois en grume de 0^m,15 à 0^m,20 de diamètre, que l'on recroise sur deux rangées jointives comme l'indique la figure 661.

La rangée inférieure est établie dans le

sens longitudinal de la route et fixée au sol à l'aide de piquets ; la rangée supérieure est posée dans le sens transversal et maintenue par deux cours de longue-

rines placées de chaque côté parallèlement à l'axe et fixées solidement sur les pièces de bois de la rangée supérieure. On construit ensuite la chaussée, en rem-

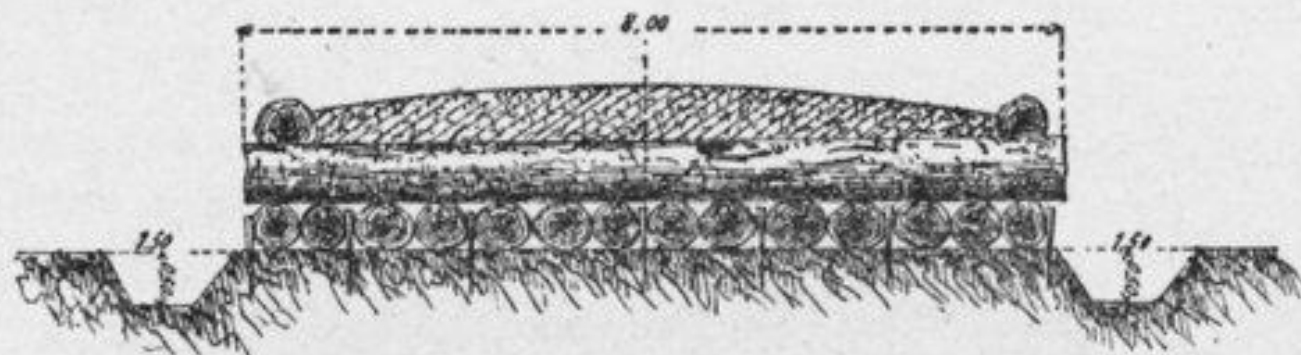


Fig. 661.

plissant l'encaissement ainsi formé de gravier et de sable, que l'on dispose en donnant le bombement convenable pour assurer l'écoulement des eaux. Afin d'assurer l'assèchement du sol de la route, on creuse des fossés de chaque côté.

Lorsque le terrain est bourbeux et sans consistance, on emploie quatre rangées de pièces de bois recroisées, au lieu de deux.

Lorsque le bois fait défaut, on peut employer d'autres matériaux résistants pour construire les chaussées en terrain marécageux, ou dans des sables mouvants ; c'est ainsi que l'on a employé, avec succès, l'alfa en différents endroits de l'Algérie, et notamment pour la construction de la route qui traverse le *Chot-el-Chergui*, de Foum-el-May à Sfisifa (route de Géryville). Cette route a été formée de couches alternatives d'alfa et de sable, et la chaussée a été construite au moyen de sable et de gravier, avec bordure de grosses pierres à droite et à gauche.

Dans le cas d'une route construite sur un rocher, on évite, si l'on dispose du temps nécessaire, de faire rouler directement les voitures sur la surface même du roc ; on déblaie le rocher sur une profondeur d'environ 0,20 centimètres, on y met une couche de sable de 0,15 centimètres et l'on établit la chaussée par-dessus. Toutefois, comme ce travail demande beaucoup de temps, on ne l'entreprend que pour les routes établies en temps de

paix en Algérie et dans les colonies ; en temps de guerre, on se borne à laisser la circulation s'établir sur le roc nu.

1208. 3° *Travaux d'art.* — Les travaux d'art qu'on peut avoir à exécuter pour la construction d'une route sont les ponts, les ponceaux, les cassis, les écharpes, les perrés, les murs de soutènement, etc.

Pour la construction des ponts et des ponceaux nous renvoyons à la 5^e partie du cours (*Ponts Militaires*), où cette question est traitée en détail.

En ce qui concerne les ponceaux, nous dirons que sur les routes que l'on veut établir rapidement et à peu de frais, ainsi que c'est le cas en campagne et en Algérie, on les remplace généralement par des cassis.

1209. Un cassis est un ruisseau établi en travers de la route, pour donner écoulement à l'eau d'un des fossés ou à celle d'un cours d'eau de peu d'importance. Il est généralement pavé, le fond est formé par une surface concave, qui se raccorde avec la route par deux revers dont la pente ne doit pas dépasser $1/10$. Il est plus ou moins profond, suivant la quantité d'eau à écouler.

Quand les cassis ont une petite longueur de revers, on les établit dans une direction oblique à l'axe de la route, pour éviter que les deux roues d'une voiture ne tombent en même temps dans le creux.

Lorsqu'un cassis traverse une route en remblai, on a soin de recouvrir d'un perré le talus où il débouche, afin d'éviter qu'il ne soit dégradé par les eaux.

1210. Un perré est un pavage, une espèce de revêtement en pierres sèches d'un talus pour le préserver de l'action des eaux. Ce travail s'exécute à peu près comme un pavage, et ainsi qu'il est indiqué en détail dans le *Cours de construction* (1).

1211. Une écharpe ou revers d'eau,

est un ruisseau en travers, incliné sur l'axe de la route, que l'on établit sur les routes à fortes pentes pour s'opposer aux ravinements que les eaux pourraient produire sur la chaussée en s'écoulant et s'accumulant suivant la pente longitudinale.

Ces écharpes empierrées ou pavées sont plus ou moins écartées suivant que la déclivité longitudinale est plus ou moins forte (fig. 662).

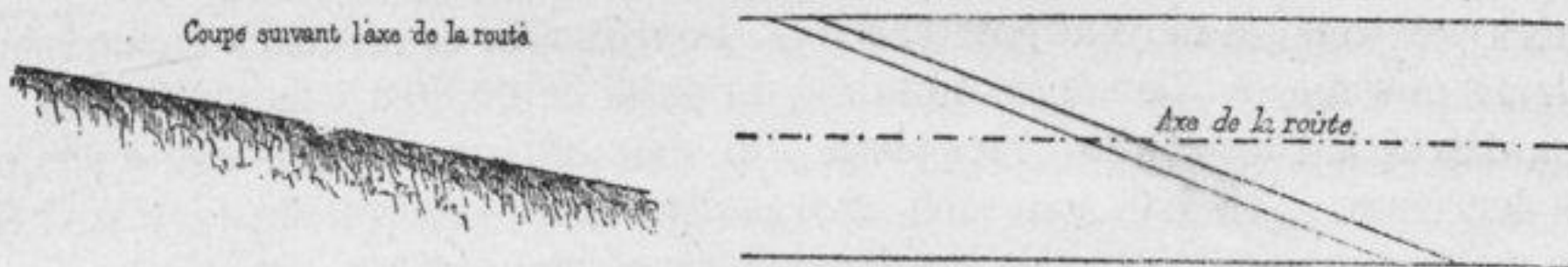


Fig. 662.

Quand la route a un bombement un peu prononcé, on dispose les revers d'eau en forme de chevron, dont le sommet est au milieu de la chaussée et dont les deux branches, dirigées en aval, aboutissent aux deux côtés de la route (fig. 663).

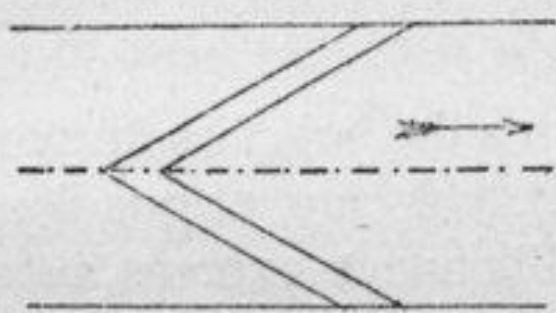


Fig. 663.

1212. Les murs de soutènement sont des murs que l'on emploie pour soutenir les routes à flancs de coteau, dans les pays de montagnes, en remplacement des talus en remblai dont la base pourrait s'étendre très loin, lorsque le coteau est à pente raide.

L'épaisseur de ce mur est calculée au moyen de la formule suivante :

$$e = 0,285 (H + h),$$

dans laquelle e indique l'épaisseur à la

base, H la hauteur du mur, et h celle de la surcharge, c'est-à-dire du remblai.

Si le mur n'a que 4 mètres de hauteur, on peut le construire en pierres sèches, et alors on prend pour épaisseur $\frac{1}{4}$ en sus de celle que donne la formule précédente, qui s'applique à la maçonnerie de mortier.

Le parement intérieur du mur est vertical ; le parement extérieur est incliné à $\frac{1}{3}$ environ pour le mur en pierres sèches, et à $\frac{1}{10}$ pour le mur en maçonnerie.

Les détails de construction sont donnés dans le *Cours de Construction*.

1^{er} Exemple. Calculer l'épaisseur d'un mur de soutènement de 6 mètres de hauteur avec 1 mètre de surcharge.

$$\text{L'épaisseur,} = 0,285 \times (H + h) = 0,285 \times (6 + 1) = 1^m,995.$$

2^e Exemple. Calculer l'épaisseur d'un mur de soutènement en pierres sèches de 3 mètres de hauteur avec 1 mètre de surcharge.

L'épaisseur est égale à :

$$\begin{aligned} & 0,285 \times (H + h) + \frac{1}{4} [0,285 \times (H + h)] \\ & = 0,285 \times (3 + 1) \text{ ou } 1,14 + \frac{1,14}{4} = 1^m,43. \end{aligned}$$

(1) *Cours de Construction*, sous la direction de G. OSLET, ingénieur des Arts et Manufactures. H. CHAIRGRASSE FILS, éditeur, 25, rue de Grenelle.

CHAPITRE III

DESTRUCTION DES ROUTES MILITAIRES

1213. *Espèces de distinctions.* — En campagne, une armée battant en retraite cherchera par tous les moyens possibles à ralentir la marche de l'ennemi, notamment en détruisant les routes et les ponts sur ses derrières.

Pour mettre une route hors de service, on y pratiquera des coupures profondes, ou bien on l'obstruera, dans les parties en déblai, en y faisant rouler de grosses pierres et même des quartiers de rochers de la partie supérieure.

Toutefois si l'on n'a pas l'espoir ou l'intention de se servir de la route dans un délai rapproché, il est préférable de détruire d'une manière complète un ou deux ouvrages d'art, dans les passages les plus difficiles et que l'ennemi ne pourra tourner qu'au moyen de travaux considérables.

C'est surtout dans les défilés et dans les endroits escarpés que l'on devra opérer ces destructions.

On pourra, par exemple, disposer une série de fourneaux de mine en arrière des perrés soutenant les talus d'une tranchée profonde, comme l'indique la figure 664; on comblera ainsi la route sur toute la longueur occupée par les fourneaux.

Le calcul de la charge de poudre se fera au moyen de la formule donnée dans le *Cours de fortification* (mines), et que nous rappelons ici :

$$c = g h^3$$

dans laquelle c indique la charge exprimée en kilogrammes, h la hauteur exprimée en mètres et g un coefficient variable suivant la nature des terres, et qui est de

1 pour les terres ordinaires, 2 pour les terres fortes, 3 pour le tuf, etc.

Pour établir ces fourneaux, on creusera un puits de 0^m,80 à 1 mètre de côté, et on lui donnera une profondeur h égale à la moitié de la hauteur de la tranchée. La distance de la charge de poudre au parement du talus devra aussi être égale à h ou même à $\frac{3}{4}h$.

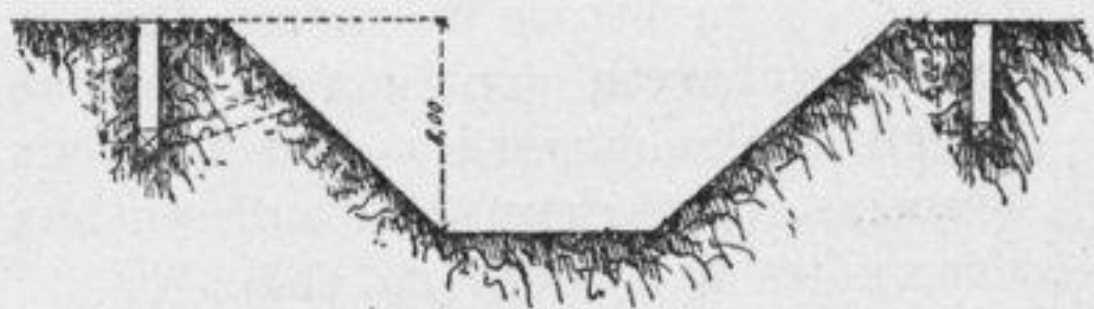


Fig. 664.

Lorsqu'on a des bois de coffrage ou des instruments de forage, et que l'on dispose en outre d'hommes exercés, il est préférable, si la charge de poudre doit être placée à une profondeur de 4 mètres au moins, de construire le fourneau au moyen d'un rameau incliné partant du talus.

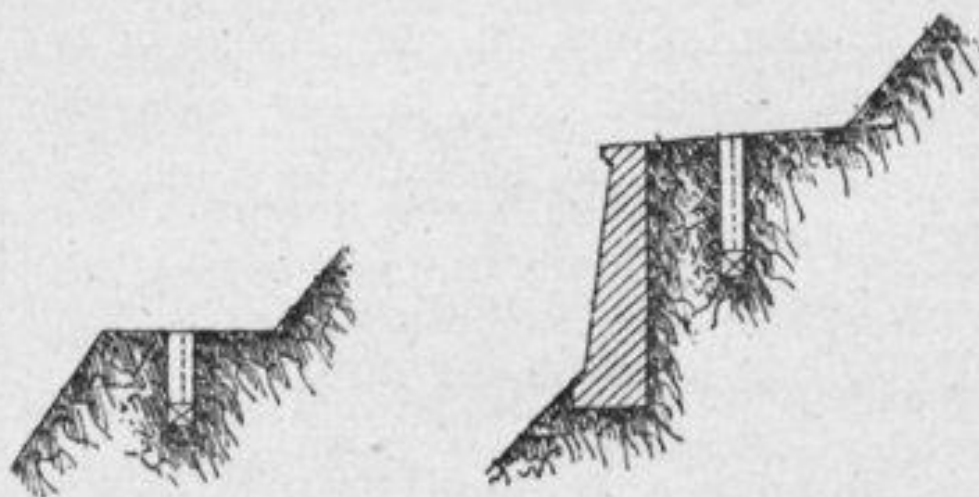


Fig. 665.

Fig. 666.

Le chargement, le bourrage du fourneau, les divers procédés à employer pour mettre le feu aux poudres sont décrits

dans le *Cours de fortification passagère* auquel nous renvoyons le lecteur.

Si la route est à flanc de coteau et soutenue, soit par un talus soit par un mur de revêtement, on disposera une suite de fourneaux sous l'axe de la route et à une profondeur un peu supérieure à la demi-longueur de la route, soit de $\frac{1}{4}$ si la chaussée est soutenue par un talus, et de $\frac{1}{8}$ si elle est soutenue par un mur (*fig. 665 et 666*).

1213. Application. — Appliquons les préceptes que nous venons d'indiquer à deux exemples concrets :

1^{er} Exemple. Détruire une route en tranchée bordée de chaque côté par des talus de 8 mètres de hauteur inclinés à 45 degrés environ.

Solution. On établira, de chaque côté de la route, une série de fourneaux de 4 mètres de profondeur, et dont la ligne de moindre résistance du côté du talus aura une lon-

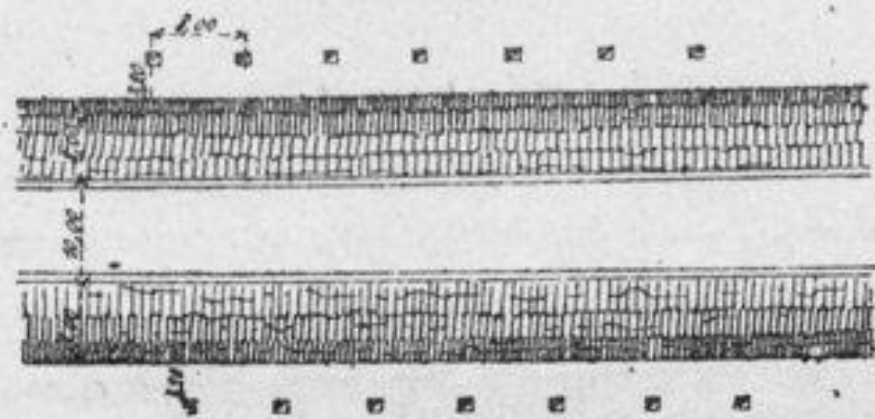


Fig. 667.

gueur supérieure de $\frac{1}{4}$, soit 5 mètres. Ces fourneaux seront à 8 mètres de distance les uns des autres et disposés en quinconce, comme l'indique la figure 667, sur toute la portion de route que l'on veut détruire.

La charge de poudre de chaque fourneau sera donnée par la formule $c = gh^3$, en admettant que l'on a affaire à des terres fortes et que $g = 2$.

$$c = 2 \times 4^3 = 128 \text{ kilogrammes.}$$

Comme la poudre est contenue dans des barils ou dans des caisses de 50 kilogrammes, la charge sera composée de

trois de ces barils, soit 150 kilogrammes, car dans la pratique, on évite autant que possible de transvaser la poudre et il n'y a aucun inconvénient à augmenter la charge, puisque l'on obtient des effets d'explosion plus grands.

2^e Exemple. Détruire une route de 6 mètres de largeur établie dans le roc à flanc de coteau, et soutenue par un mur de revêtement.

Solution. On établira, sous l'axe de la route, une série de fourneaux de 3 mètres de profondeur, espacés de 6 mètres les uns des autres, sur toute la portion de route que l'on veut détruire.

La charge de poudre sera donnée par la formule $c = gh^3$; en admettant que $g = 4$, on a $c = 4 \times 3^3 = 108$ kilogrammes, soit en chiffres ronds 100 kilogrammes en deux barils de poudre.

En pays de plaine, on peut détruire une route en établissant, au-dessous de l'axe et à 8 mètres les uns des autres, une série de fourneaux dont la profondeur devra être égale à la moitié de la largeur de la route.

Avec des charges de 100 kilogrammes, ces fourneaux seront espacés de 8 mètres dans la terre et de 6 mètres dans le roc. Si la largeur de la route est supérieure à 8 mètres, on les dispose en quinconce.

Quand la route est établie sur une digue le long d'une rivière, comme cela arrive souvent, on coupe cette digue soit à la pioche, soit mieux encore par l'explosion de fourneaux de mines, et la route est tout à fait détruite.

On peut encore obstruer une route en abattant les arbres qui la bordent généralement, en les faisant tomber en travers; enfin, on peut y construire des barricades, y pratiquer des coupures ou employer d'autres moyens de destruction, suivant les circonstances et les ressources dont on disposera.

CHAPITRE IV

RÉPARATION DES ROUTES MILITAIRES

En campagne, on a très fréquemment à réparer des routes détruites par l'ennemi, ou à restaurer des chemins mauvais, que l'on veut rendre praticables aux voitures.

1214. *Restauration d'un mauvais chemin.* — Pour restaurer un chemin mauvais, on y pratique quelques petites coupures, pour voir de quelles couches de terrain ou de matériaux il est composé. Si l'on rencontre des épaisseurs considérables, on enlève tout ce qui est mobile, puis quand on est arrivé à une couche solide, on l'égalise en piquant les parties saillantes et en remplissant les parties creuses. Si la chaussée est usée, au contraire, on remplit les trous et les flaches avec du gravier ou des pierres cassées de manière à lui donner l'épaisseur nécessaire.

1215. *Réparation d'un chemin boueux.* — Pour réparer un chemin boueux transformé en ornière, on fait, de chaque côté, des fossés larges et profonds pour l'écoulement des eaux, on enlève la boue, on met du gravier et des pierres cassées sur la voie et on dame avec soin.

1216. *Cas où le chemin n'est pas empierré.* — Lorsque le chemin n'est pas du tout empierré et que le terrain naturel est peu consistant, on établit sur le sol deux rangs de fascines recroisées; le premier rang est établi suivant la longueur de la route et le deuxième en travers. On borde

la route de chaque côté par des saucissons ou des fascines reliés à la couche inférieure et maintenus par de forts piquets.



Fig. 668.

On remplit l'encaissement ainsi formé au moyen de sable et de gravier (*fig. 668*).

1217. *Réparation des coupures.* — Si sur une route on rencontre des coupures faites par l'ennemi ou des obstacles qui l'obstruent, on rétablit le passage en comblant les coupures, en déblayant les obstacles, ou, si ces derniers sont trop considérables, en les franchissant au moyen de rampes qu'on établit de chaque côté.

1218. *Réparation d'un chemin creux.* — Pour réparer un chemin creux, il suffit de le remblayer. On place des fascines dans le sens de la direction du chemin, ce qui facilite l'écoulement des eaux, puis ensuite on fait ébouler à la pioche les talus de chaque côté du chemin, jusqu'à ce qu'on obtienne une épaisse couche de déblais que l'on dispose en ayant soin d'obtenir un bombement à la partie supérieure (*fig. 669*).

1219. *Réparation d'un chemin à flanc de coteau.* — Pour réparer les chemins à flanc de coteau aux points où ils sont dé-

truits, on élargit la route du côté de la montagne, si le terrain n'est pas trop dur ; mais si l'on a affaire à du roc ou du tuf, cet élargissement demanderait beaucoup

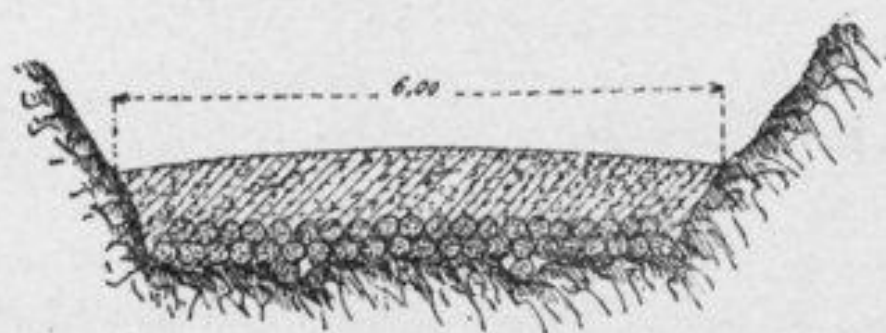


Fig. 669.

trop de temps, et il faudra alors élargir du côté de la plaine, en soutenant les terres au moyen d'une gabionnade, ou d'un mur de soutènement en pierres sèches, comme l'indique la figure 670.

On peut aussi avoir recours pour une réparation de ce genre à des dispositifs en charpente qu'on établit comme le tablier

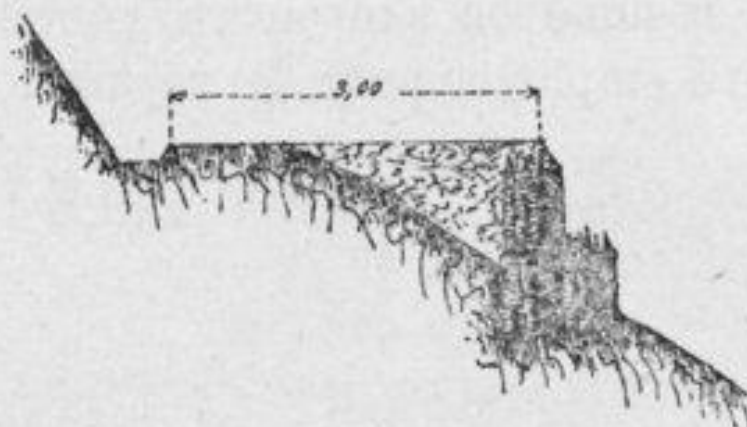


Fig. 670.

d'un pont et qu'on soutient au moyen d'étais. Ces dispositifs ne peuvent être construits que par les sapeurs du génie, convenablement exercés et outillés pour ce genre de travaux ; c'est pourquoi

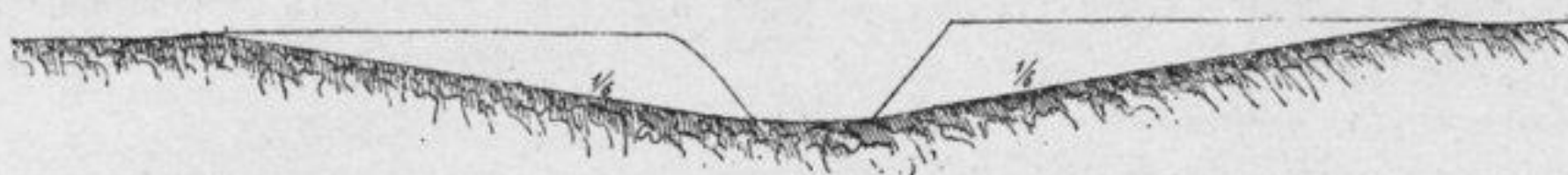


Fig. 671.

nous nous dispensons d'en donner ici la description détaillée.

1220. Déviation d'une route. — Il peut arriver quelquefois que les destructions faites à une route sont tellement importantes qu'il est préférable de dévier un peu la route en cet endroit que de la réparer. On a alors à construire un bout de route plus ou moins long dans la cam-

pagne ; on appliquera les principes qui ont été donnés plus haut pour la construction des routes en les simplifiant le plus possible. Ainsi, par exemple, pour franchir un chemin creux ou fossé profond, si l'on n'a pas de bois à sa disposition pour construire un ponceau, on pourra employer l'un des moyens suivants :

1° Si le fossé ou le chemin creux est

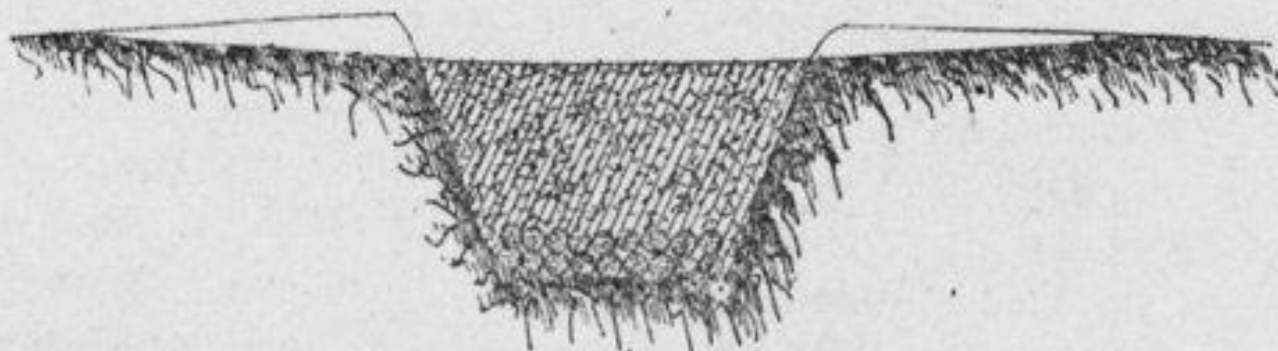


Fig. 672.

peu profond, on pourra pratiquer de chaque côté une rampe à $\frac{1}{6}$, comme l'indique la figure 671 ;

2° Si le chemin creux ou le fossé est profond, on le comblera au moyen de fascines que l'on disposera dans le sens de la

longueur du fossé, de manière à permettre l'écoulement des eaux, et l'on placera par-dessus une épaisse couche de terre ou de gravier comme l'indique la figure 672.

En résumé on s'inspirera, pour la méthode à employer pour la réparation des

routes, des circonstances locales, des ressources en personnel et en matériel que l'on a sous la main, et enfin de l'urgence plus ou moins grande qu'il peut y avoir à rétablir la communication.

FIN.



TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

CHEMINS DE FER

CHAPITRE I			CHAPITRE VIII		
<i>Principes de l'établissement des chemins de fer. — Généralités.</i>		1	UTILISATION MILITAIRE DES CHEMINS DE FER		
CHAPITRE II			§ I. — Généralités.		115
<i>Matériel de construction des voies ferrées. — Généralités.</i>		7	§ II. — Transports.		118
CHAPITRE III			§ III. — Matériel employé.		120
LA VOIE			§ IV. — Composition des trains.		122
§ I. — Généralités.		31	§ V. — Moyens d'embarquement et de débarquement.		123
§ II. — Tracé de la voie.		33	§ VI. — Transports des troupes d'infanterie		125
CHAPITRE IV			§ VII. — Transports des troupes du génie		127
ACCESSOIRES DE LA VOIE			§ VIII. — Transports de cavalerie.		127
§ I. — Généralités.		51	§ IX. — Transports de l'artillerie.		131
§ II. — Arrêts mobiles.		51	§ X. — Transports des pontonniers et des équipages de pont.		136
§ III. — Heurtoirs.		52	§ XI. — Transports des troupes, des chevaux, et du matériel du train des équipages.		138
§ IV. — Appareils de levage et de pesage		53	§ XII. — Transports stratégiques.		140
§ V. — Appareils de distribution d'eau		55	§ XIII. — Ouvriers militaires et sections techniques.		149
§ VI. — Signaux.		56	§ XIV. — Évacuation des malades et des blessés.		151
CHAPITRE V			§ XV. — Protection des voies ferrées . .		153
LE MATÉRIEL ROULANT			CHAPITRE IX		
§ I. — Généralités.		62	DESTRUCTION DES VOIES FERRÉES		
§ II. — Wagons.		63	§ I. — Généralités.		157
§ III. — Chaînes de sûreté.		70	§ II. — Méthodes de destruction.		158
§ IV. — Freins.		70	CHAPITRE X		
§ V. — Locomotives.		74	RÉTABLISSEMENT DES VOIES FERRÉES		
§ VI. — Matériel pour voies étroites. . .		85	§ I. — Généralités.		181
CHAPITRE VI			§ II. — Réparation de la voie.		182
CONSTRUCTION DES VOIES FERRÉES			§ III. — Réparation des tunnels.		185
§ I. — Généralités.		88	§ IV. — Réparation des ponts et viaducs		187
§ II. — Piquetage des rails.		89	§ V. — Réparations des brèches de petite portée.		191
§ III. — Pose du ballast.		89	§ VI. — Réparations des brèches de grande portée.		193
§ IV. — Pose des rails sur les traverses		90	§ VII. — Voies déviées.		196
§ V. — Pose de la voie.		93	§ VIII. — Conclusions.		197
§ VI. — Organisation des chantiers. . . .		98	CHAPITRE XI		
§ VII. — Montage et pose des appareils. .		100	<i>Trains blindés pour les reconnaissances militaires.</i>		198
§ VIII. — Dispositif des gares.		103	CHAPITRE XII		
§ IX. — Remises et quais.		105	LES LOCOMOTIVES ROUTIÈRES		
CHAPITRE VII			§ I. — Diverses espèces employées. . .		203
EXPLOITATION			§ II. — Coup d'œil historique.		211
§ I. — Généralités.		106	§ III. — Cas où il est avantageux d'employer des routières.		217
§ II. — Service des trains.		106			
§ III. — Organisation des trains.		108			
§ IV. — Surveillance de la voie.		110			
§ V. — Signaux.		111			
§ VII. — De l'exploitation.		112			

DEUXIÈME PARTIE

TÉLÉGRAPHIE

CHAPITRE I		CHAPITRE VI	
PRINCIPES DE LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE		DESTRUCTION ET RÉPARATION DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES	
§ I. — Notions sur l'électricité	225	§ I. — Destruction des lignes	279
§ II. — Notions générales sur le magné-		§ II. — Réparation des lignes.	281
tisme et l'électro-magnétisme.	226		
§ III. — Principes de la communication		CHAPITRE VII	
électrique	228	<i>Principes de la télégraphie optique.</i>	823
§ IV. — Avantages et inconvénients de la		CHAPITRE VIII	
télégraphie électrique.	229	MATÉRIEL DE LA TÉLÉGRAPHIE OPTIQUE	
CHAPITRE II		§ I. — Appareils de campagne	286
MATÉRIEL DE LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE		§ II. — Appareils de position.	291
§ I. — Appareils	230	CHAPITRE IX	
§ II. — Matériel de ligne.	245	<i>Télégraphie par signaux isolés.</i>	298
§ III. — Matériel roulant	247	CHAPITRE X	
CHAPITRE II		<i>Téléphonie.</i>	315
PERSONNEL DE LA TÉLÉGRAPHIE MILITAIRE		CHAPITRE XI	
§ I. — Organisation en temps de guerre. .	252	<i>Emploi de la télégraphie militaire dans</i>	
§ II. — Organisation en temps de paix . .	256	<i>les guerres les plus récentes.</i>	325
CHAPITRE IV		CHAPITRE XII	
<i>Organisation des postes télégraphiques.</i> . .	258	ORGANISATION DE LA TÉLÉGRAPHIE MILITAIRE DANS LES	
CHAPITRE V		ARMÉES ÉTRANGÈRES	
CONSTRUCTION DES LIGNES MILITAIRES		§ I. — Allemagne	335
§ I. — Éléments à relier télégraphique-		§ II. — Autriche-Hongrie.	338
ment dans une armée.	262	§ III. — Angleterre.	341
§ II. — Tracé général des lignes télégra-		§ IV. — Italie	342
phiques.	263	§ V. — Russie.	344
§ III. — Construction et relèvement des			
lignes télégraphiques.	266		

TROISIÈME PARTIE

LES PIGEONS VOYAGEURS

Généralités.	347	CHAPITRE V	
CHAPITRE I ^{er}		<i>Organisation au point de vue militaire.</i>	364
<i>Propriétés et aptitudes spéciales.</i>	348	Nourriture et soins.	371
CHAPITRE II		Dispositions particulières.	372
<i>Coup d'œil historique et faits d'observa-</i>		CHAPITRE VI	
<i>tion.</i>	351	<i>Situation dans les principaux états</i>	376
CHAPITRE III		CHAPITRE VII	
<i>Éducation des pigeons.</i>	357	OBSTACLES ET MESURES DE PRÉCAUTION	
CHAPITRE IV		§ I. — Obstacles qui peuvent s'opposer	
§ I. — Races et reproductions.	365	au retour des pigeons	381
§ II. — Accouplements.	363	§ II. — Mesures de précaution	383

QUATRIÈME PARTIE

AÉROSTATION MILITAIRE

Généralités	385	§ III. — Angleterre.	449
CHAPITRE I		§ IV. — Autriche-Hongrie.	451
§ I. — Notions générales.	386	§ V. — Belgique.	452
§ II. — Aviation.	389	§ VI. — Italie	453
CHAPITRE II		§ VII. — Russie	455
HISTORIQUE		§ VIII. — Chine.	458
§ I. — Avant les frères Montgolfier. . .	392	CHAPITRE VII	
§ II. — Depuis les frères Montgolfier. . .	393	LA PHOTOGRAPHIE ET LE TIR EN BALLON	
CHAPITRE III		§ I. — La photographie en ballon. . .	458
<i>Ascensions scientifiques.</i>	402	§ II. — Le tir en ballon.	462
CHAPITRE IV		CHAPITRE VIII	
DIRECTION DES BALLONS .		ROLE DES BALLONS A LA GUERRE	
§ I. — Direction à l'aide d'un moteur au- tre que la vapeur ou l'électri- cité.	406	§ I. — Guerre de siège	464
§ II. — Direction à l'aide de la force mo- trice produite par la vapeur ou l'électricité	410	§ II. — Guerre de campagne.	472
§ III. — Direction des ballons par les cou- rants atmosphériques.	429	CHAPITRE IX	
CHAPITRE V		CONDITIONS A REMPLIR PAR LES BALLONS MILITAIRES	
<i>Historique de l'aérostation militaire . . .</i>	433	§ I. — Ballons captifs.	474
CHAPITRE VI		§ II. — Ballons libres	477
ÉTAT DE LA QUESTION DANS LES DIVERSES ARMÉES		CHAPITRE X	
§ I. — France	440	PRINCIPES DE CONSTRUCTION DES BALLONS	
§ II. — Allemagne.	446	§ I. — Construction des ballons	478
		§ II. — Remplissage des ballons	488
		§ III. — Conditions générales sur la ma- nœuvre du ballon	489
		CHAPITRE XI	
		<i>Conclusions</i>	491

CINQUIÈME PARTIE

PONTS MILITAIRES

CHAPITRE I		CHAPITRE IV	
<i>Généralités sur les passages des rivières. .</i>	494	PONTS DE BATEAUX	
CHAPITRE II		§ I. — Matériel.	517
MATÉRIEL		§ II. — Construction.	518
§ I. — Voitures.	499	CHAPITRE V	
§ II. — Agrès, engins, outils.	500	PONTS DE RADEAUX	
§ III. — Cordages, nœuds de cordage . .	507	§ I. — Radeaux	528
§ IV. — Supports	510	§ II. — Construction d'un pont de radeaux d'arbres.	531
CHAPITRE III		§ III. — Radeaux de tonneaux.	532
<i>Conditions à remplir par les ponts mi- litaires.</i>	510	§ IV. — Radeaux de caisses goudronnées. .	533
		§ V. — Radeaux d'outres	534
		§ VI. — Radeaux en caoutchouc.	534

CHAPITRE VI		CHAPITRE X	
PONTS DE CHEVALETS A QUATRE PIEDS		PONTS SANS SUPPORTS INTERMÉDIAIRES	
§ I. — Description du chevalet.	535	§ I. — Ponceaux	554
§ II. — Construction du chevalet	536	§ II. — Ponts avec dispositifs de charpente	556
§ III. — Construction d'un pont de chevalets par la méthode de longuerines	537	§ III. — Ponts avec poutres composées en bois.	560
§ IV. — Construction d'un pont de chevalets par la méthode des cordes et gaffes.	539	§ IV. — Ponts avec poutres métalliques (Ponts Eiffel, Marcille, Boyer et Marion, du commandant Henry Cottrau, Brochocki).	565
§ V. — Construction d'un pont de chevalets par la méthode de radeau de manœuvre	540	§ V. — Ponts de cordages	586
§ VI. — Construction d'un pont de chevalets par la méthode des cadres.	542		
§ VII. — Replieinent des ponts de chevalets.	544		
CHAPITRE VII		CHAPITRE XII	
PONTS DE CHEVALETS A DEUX PIEDS		<i>Passerelles.</i>	589
§ I. — Chevalets à deux pieds de l'équipage de pont français.	545		
§ II. — Chevalets à deux pieds du système Birago.	546	CHAPITRE XIII	
§ III. — Chevalets à deux pieds improvisés.	547	<i>Moyens accessoires de franchir les cours d'eau.</i>	598
CHAPITRE VIII			
<i>Ponts de voitures et ponts de gabions.</i>	548	CHAPITRE XIV	
CHAPITRE IX		<i>Conservation des ponts militaires.</i>	604
PONTS DE PILOTIS		CHAPITRE XV	
§ I. — Corps de supports	550	<i>Destruction des ponts.</i>	608
§ II. — Construction d'une palée.	551	CHAPITRE XVI	
		<i>Réparation des ponts.</i>	611

SIXIÈME PARTIE

ROUTES MILITAIRES

CHAPITRE I		CHAPITRE III	
§ I. — <i>Principes généraux et opérations préliminaires.</i>	616	<i>Destruction des routes militaires.</i>	628
CHAPITRE II		CHAPITRE IV	
<i>Construction des routes militaires.</i>	622	<i>Réparation des routes militaires.</i>	630



